UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Programa de Pós-graduação em Ciências Cartográficas

MARIANA DIAS CHAVES

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEORREFERENCIADAS DE SEGURANÇA VIÁRIA

Presidente Prudente
2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Programa de Pós-graduação em Ciências Cartográficas

MARIANA DIAS CHAVES

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEORREFERENCIADAS DE SEGURANÇA VIÁRIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas da Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Cartográficas.
Orientador: Prof. Dr. João Fernando Custódio da Silva.
Co-orientador: Prof. Dr. Milton Hirokazu Shimabukuro.

Presidente Prudente
2014

FICHA CATALOGRÁFICA

Chaves, Mariana Dias.
C439d Desenvolvimento de um sistema de informações georreferenciadas para segurança viária / Mariana Dias Chaves. - Presidente Prudente : [s.n], 2014
81 f.

Orientador: João Fernando Custodio da Silva
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia
Inclui bibliografia

1. Segurança viária. 2. Web mapping. 3. Mapeamento Móvel. I. Silva da, João Fernando Custodio. II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. Título.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. JOÃO FERNANDO CUSTODIO DA SILVA
(ORIENTADOR)

Prof. Dr. PAULO CESAR LIMA SEGANTINE
(USP)

Prof. Dr. EDMUR AZEVEDO PUGLIESI
(UNESP/FCT)

MARIANA DIAS CHAVES

Presidente Prudente (SP), 12 de fevereiro de 2014.

Resultado: APROVADA!

Faculdade de Ciências e Tecnologia
Seção Técnica de Pós-Graduação
Rua Roberto Simonsen, 305 CEP 19060-900 Presidente Prudente SP
Tel 18 3229-5318 fax 18 3223-4519 posgrad@fct.unesp.br

Aos meus pais, minha irmã e meu namorado,

por toda cumplicidade e amor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por estar comigo a todo instante e me ensinar todo dia a compreender a vida. A ele minha eterna gratidão.

Ao meu orientador, Prof. João Fernando e co-orientador Prof. Milton, pela amizade, por todo tempo dedicado, toda paciência e ensinamentos transmitidos.

Ao meu pai João Carlos por me ensinar a ter persistência, ser paciente e entender que é preciso honestidade e humildade na vida.

A minha mãe Eliana, de quem não apenas herdei o nome, mas a coragem, determinação e a fé.

A minha irmã Carol, por me dizer as verdades que nunca quero escutar, de um jeito que só ela sabe e por conseguir me fazer rir, sempre.

Ao Gui, por me dar força para seguir esse caminho e à sua família, por todo apoio. Por compreender minha ausência por algumas horas, ouvir minhas confissões e sempre me ajudar com palavras de ânimo, confiança e incentivo. Obrigada pelo amor e cumplicidade.

Aos queridos amigos, em especial, Ana, Lari, Pri, Raiza, Fer, Ana Cláudia, Pablo, Elenice, Nani, por toda amizade, e que mesmo de longe, acompanham minha trajetória e torcem por mim.

A toda minha família que sempre me apoiou, com orações e palavras de conforto, tão importantes nessa etapa.

Aos professores Amilton Amorim e Monica Decanini pelos conselhos e pelo apoio. Por acompanharem todo meu crescimento, pessoal e acadêmico.

Aos professores da banca, Prof. Doutor Edmur A. Pugliesi e Prof. Associado Paulo Cesar Lima Segantine, pela presença, disposição e sugestões para enriquecer minha pesquisa.

Aos colegas do curso de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas e do Laboratório de Mapeamento Móvel pela convivência diária, presentes durante a realização deste trabalho.

Aos professores e funcionários do Departamento de Cartografia que, ao longo desses anos foram de extrema importância no desenvolvimento desse trabalho.

Ao DER-SP e Polícia Militar Rodoviária, em especial ao Capitão João Carlos Lemes, pela liberação dos dados necessários e atencioso atendimento.

FAPESP e CAPES pelas bolsas de estudos concedidas para o desenvolvimento da pesquisa.

RESUMO

A análise e a visualização dos dados espaciais tornaram-se importantes no processo de tomada de decisões, tanto para as instituições quanto para os indivíduos. Um tipo de dado passível de visualização espacial é a ocorrência de acidente rodoviário, que tem sido divulgado na forma textual (tabelas) e raramente georreferenciado. O transporte rodoviário é o mais utilizado no Brasil. Todavia, a infraestrutura não atende a demanda com qualidade e segurança e os índices de acidentes viários preocupam a sociedade em geral e também os gestores de segurança em transportes. Os fatores causadores de sinistros viários são as condições da rodovia, da meteorologia, do veículo e do condutor. Bons projetos de engenharia, legislação e fiscalização eficazes, e a tríade educação, cultura e informação geral e científica podem ajudar a minimizar os riscos dos acidentes. Ao engenheiro, além de projetar, executar e manter vias adequadas, compete a gestão da segurança viária, que compreende ações de coleta e tratamento estatístico dos dados de acidentes, entre outras. Vislumbra-se aqui uma parcela de efetiva contribuição da Engenharia Cartográfica para uma construção geográfica de interesse social. As ciências cartográficas, aliadas aos sistemas de informações geográficas (SIG), podem contribuir com a produção de informações georreferenciadas nos trechos críticos das rodovias, de modo a servir de auxílio ao processo de tomada de decisão das autoridades (nível institucional) e dos condutores (nível individual). Construir um banco de dados geoespaciais de acidentes rodoviários de trânsito é um suporte essencial para a compreensão da distribuição espacial desses eventos que estão a exigir uma análise científica. Essa dissertação apresenta o desenvolvimento da pesquisa desde a concepção até a implementação do WebSIG/SV – um SIG disponibilizado na internet sobre segurança viária. Inicialmente, foram realizados estudos teóricos sobre princípios de segurança viária e investigadas as técnicas e métodos cartográficos e computacionais adequadas. Em seguida, foram obtidos os dados tabulados para alimentar o sistema, geradas as bases cartográficas, elaborado o projeto de interface e implementados os módulos de interface. A rodovia objeto do estudo foi a SP-270 (Raposo Tavares), entre os quilômetros 493 e 592. A análise indicou que o trecho da rodovia mais crítico corresponde aos km 568 e 570, com a concentração de 40% das ocorrências em 30% do trecho do experimento. Esses resultados são corroborados pela literatura. Este trecho crítico foi percorrido com um sistema de mapeamento móvel e inserido no WebSIG/SV para fins de visualização. Com este projeto, almeja-se fazer com que as ciências cartográficas e a engenharia cartográfica contribuam para com a segurança (rodo)viária, por meio de uma solução tecnológica que visa minimizar os riscos de ocorrência de acidentes viários, mediante a divulgação na internet de informação objetiva, visual e georreferenciada para o condutor do veículo que vai trafegar por uma rodovia (caso geral) e, particularmente, no trecho compreendido pelo presente estudo, dando-se a devida ênfase para o trecho crítico. Espera-se também poder ser útil aos profissionais responsáveis por questões de segurança viária, como engenheiros e autoridades.

Palavras-chave: segurança viária; sistema de informação geográfica; geoinformação; web mapping; mapeamento móvel.

ABSTRACT

The analysis and visualization of spatial data have become important in the decision-making process, both for the institutions and for individuals. The data related to road accident occurrence has been published in tabular form and they have rarely been geo-referenced whose form is well suitable for spatial visualization. In Brazil road transportation has been widely used. However, the infrastructure does not meet the demand for quality and safety and then accident´s rates concern the whole society and also the transport security managers. The road accident causative factors are the conditions of the road, the weather, the vehicle, and the driver. Good engineering projects, effective law and its reinforcement, and the triad education, culture and general and scientific information can help minimize the risks of road accidents. Besides projecting, constructing, and maintaining safe roads, the engineers are responsible for the road safety management, among other duties, for what they demand the statistical data of accidents to be properly treated and analyzed. There is here a piece of effective contribution of cartographic engineering for a geographical construction of social interest. The cartographic sciences, plus the geographic information systems (GIS), can contribute to the georeferenced information production related to critical sectors of the roads so as to serve as an aid for both authorities (institutionally) and conductors (individual level) in their decision-making process. Building a geospatial database of traffic accidents is an essential support for understanding the spatial distribution of these events that are demanding a scientific analysis. This thesis presents the development of the research project from the conception until the implementation of the WebSIG/SV – a SIG made available on the web about road safety. Initially, theoretical studies have been carried out on principles of road safety and the cartographic and computational appropriate techniques and methods have been investigated. Then tabular data were obtained to feed the system, the cartographic maps generated, the interface project elaborated, the interface modules implemented. The object of this study was the SP-270 (Raposo Tavares) between the kilometers 493 and 592. The analysis indicated that the most critical sector corresponds to km 568 till 570, and concentration of 40% of the occurrences happen in 30% of the sector used in the study. These results comply with the literature. Images of this critical sector was taken with a mobile mapping system and inserted into the WebSIG/SV for viewing purposes. This project aims to make the cartographic sciences and the cartographic engineering to contribute with road security through a technological solution that aims to minimize the occurrence of road accidents through the dissemination on the internet of objective, visual and georeferenced information to the driver that will travel by a highway (general case) and particularly in the sector considered by the present study, giving due emphasis to the critical sector. Perhaps it may also be useful to professionals responsible for road safety issues, as engineers and authorities.

Keywords: road safety; geographic information system (GIS); geoinformation; web mapping; mobile mapping.

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE QUADROS

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO

O homem sempre procurou meios de adquirir e processar informações geográficas para analisá-las e tomar decisões sobre seu posicionamento e orientação. Nas civilizações mais antigas, a obtenção e a geração de informações geográficas eram muito limitadas, provavelmente devido às dificuldades da coleta de dados, da representação gráfica e de transmissão da informação. As primeiras representações gráficas foram realizadas em placas de argila, em rocha e mais tardiamente em papel.

Nos dias atuais, a imensa quantidade de dados digitais requer planejamento, organização e tecnologia, entre outras exigências, para armazená-los, acessá-los e processá-los para gerar conhecimento e informações úteis.

Transcreve-se abaixo a proposta do projeto de pesquisa desta dissertação de mestrado com o intuito de orientar a leitura:

Este projeto de mestrado pretende conceber o Sistema de Informações Georreferenciadas de Segurança Viária na web (WebSIG/SV) com a finalidade de representar cartograficamente os dados sobre acidentes rodoviários e disponibilizar informações. A concretização deste projeto resultará em uma contribuição da metodologia do mapeamento móvel e da cartografia para os estudos sobre segurança viária, proporcionando a tomada de decisões sustentada por informações corretas e georreferenciadas. Ao longo do tempo, no futuro, considerando que a realidade é dinâmica, sua eficiência dependerá da manutenção e atualização dos dados, no caso, ocorrência de acidentes.

É fato que a manipulação de dados espaciais está cada vez mais presente nas aplicações envolvendo banco de dados. Além da interpretação dos dados, informação e análises, a visualização dos mesmos tornou-se uma ferramenta potencial no âmbito de processos de tomada de decisão.

Quanto à espacialização dos dados, um exemplo é a ocorrência de acidentes rodoviários. Na matriz brasileira de transporte, o modo rodoviário prevalece, ao realizar 61% do transporte de carga e cerca de 96% do transporte de passageiros (CNT, 2006). Todavia, a infraestrutura (vias e terminais) não atende a demanda e a segurança. A produção de veículos é pressionada pelo crescimento demográfico e econômico, o que impacta o uso das vias de circulação. As atuais, mesmo em boas condições, devem receber um volume de tráfego crescente.

Sobrecarregadas, demandam a construção de novas vias e estas acabam por receber novo afluxo de veículos e assim sucessivamente. Com o aumento da produção e do consumo de bens duráveis, a frota de veículos deve ser aumentada e circulará em um espaço finito. É

lógico supor que aumentarão as chances de conflitos, acidentes e, consequentemente, a necessidade de prevenção.

Para minimizar esta probabilidade, uma alternativa é a realização de gestão de segurança viária que compreende ações de redução dos acidentes, coleta e tratamento estatísticos de acidentes e logísticas de socorro às vitimas. Fundamental para alcançar a segurança viária é o acesso a dados que quantificam e qualificam a real situação da rodovia (FERRAZ et al., 2008).

Trata-se de dados que apresentam grande variabilidade temporal e espacial, podendo, quantitativamente, sofrer uma modificação em curto período de tempo. Essa característica faz com que o monitoramento de informações seja ainda um desafio no qual a Cartografia tem contribuído significativamente, pois é adequada a representação por ela fornecida.

Neste contexto, além do avanço na capacidade de processamento, comunicação e nas interfaces gráficas, a *web* têm facilitado o emprego de aplicações de *web mapping* por usuários de diferentes perfis.

A internet é uma importante ferramenta de disseminação de informação espacial e o uso deste tipo de informação cresce a um ritmo maior que a própria internet (PETERSON, 2007). You et al. (2007) perceberam que a maior parte dos mapas para internet não têm as funções para processamento, análise e síntese de dados. Resta a estes produtos a função principal de apenas apresentar os dados espaciais. Isto demonstra que ainda precisam ser estudados os aspectos tecnológicos para inserir as ferramentas que potencializem as aplicações dos mapas na internet.

Apesar disso, se percebe a influência da mesma tanto no objetivo primordial do mapa (localização) quanto na produção. Exemplos de sucesso são os aplicativos *Google Earth* e *Google Maps,* que contribuem para popularização mundial da Cartografia. Vale salientar, todavia, que nestes aplicativos não é observado o rigor técnico no georreferenciamento de entidades, almejado neste trabalho, que permite caracterizá-lo como trabalho científico.

Neste âmbito se insere o Sistema de Informações Geográficas (SIG), que pode contribuir mediante o georreferenciamento de tais dados. A integração deste sistema no ambiente *web* não é tarefa fácil e para que seja alcançada com êxito, é necessário o cumprimento satisfatório de todas as etapas envolvidas no processo, desde a coleta, armazenamento e manipulação dos dados; inclusão e visualização de dados espaciais.

Assim como os dados de acidentes, a informação geográfica visual proveniente do Sistema de Mapeamento Móvel (SMM) também pode ser incorporada ao SIG, de modo que o mapa dela derivado pode representar os locais ou trechos de ruas e rodovias com maior ou

menor incidência de ocorrências e seus tipos, conforme os registros dos órgãos públicos notadamente a PMESP (Polícia Militar do Estado de São Paulo), em casos urbanos, e PMRSP (Polícia Militar Rodoviária do Estado de São Paulo), nos casos rodoviários. Tal aplicação integrada reflete na análise e tomada de decisão no sentido de informar ao usuário a condição da rodovia quanto à segurança.

1.1 Contribuição das Ciências Cartográficas

No tocante à gestão da segurança viária e às ações para redução de acidentes, vislumbra-se uma parcela de efetiva contribuição da Engenharia Cartográfica. Concentrando-se no condutor e nas muitas decisões que ele tem de tomar, as Ciências Cartográficas podem contribuir com a oferta de informações georreferenciadas acerca dos locais de risco de acidentes.

Bem se vê que a discussão entre os especialistas em segurança viária tende a imputar responsabilidades aos condutores e às condições do sistema viário, com predomínio para o primeiro, pois, entende-se que é dele a condução do veículo e cabe a ele a tomada das decisões, apesar das condições da via, do ambiente e do veículo. Gladwell (2001) observa que a cada três quilômetros o motorista realiza 400 observações, toma 40 decisões e comete um erro. A cada 800 km um desses erros torna-se uma quase colisão e a cada 100.000 km um desses erros vira um acidente de trânsito.

Deve-se ressalvar que os estudos e pesquisas ainda não propiciaram dados e informações plenamente confiáveis, sobretudo no Brasil, depreendendo-se somente que há urgência no trato da questão da acidentalidade viária, objetivando a sua redução e idealmente até a sua eliminação.

Um aspecto a ser notado é que as fontes de dados de ocorrências mencionados permanecem em forma de textos e tabelas, de modo que a publicidade, no sentido de educar, informar e alertar as pessoas, e eventualmente usuárias dos sistemas viários, não usa todo o potencial de alcance da informação. Há, aqui, um enorme espaço para a construção da informação cartográfica.

O papel do cartógrafo nesse contexto passa a ser o de inserir-se no processo de desenvolvimento dos novos produtos, utilizando para isso o conhecimento científico da Cartografia e suas pesquisas acerca do uso e dos usuários de mapas digitais (PETERSON, 2007).

1.2 Justificativa e relevância

Sabe-se que o emprego da informação espacial com aplicação para segurança viária, na internet, exige estudo e investigação científica. França e Goldner (2006); Ferraz et al. (2008) afirmam que os acidentes de trânsito podem ser referenciados através de um par de coordenadas geográficas ou de um endereço previamente definido pelo órgão gestor, por meio de um método adequado. Devido a essa natureza espacial, podem ser analisados por um sistema que permite a ligação entre seus atributos (tipo de acidente, hora, local, vítimas, etc.) e dados espaciais (mapas).

Os SIGs possibilitam a construção e a partilha de informação geográfica em vários componentes do processo de planejamento. Seu uso em transportes está de alguma forma, limitado a um pequeno número de técnicos que possuem condições e formação para agregar conhecimento científico em suas pesquisas (MILLER e SHAW, 2001). Muitos trabalhos podem ter pouca eficiência por não serem desenvolvidos sobre uma ótica cartográfica (GUERRA, 2007).

Quanto ao tratamento destes dados faz-se necessária a concepção de banco de dados espaciais. Sobre banco de dados, Chagas (2011) aponta aspectos importantes na construção de um banco de dados de acidentes: o fato de a pesquisa permitir registrar estas informações em um número grande de acidentes em curto espaço de tempo e o subsídio que pode fornecer a estudos de caráter multidisciplinar. Além de auxiliarem diretamente nas decisões de intervenções de segurança, os resultados podem contribuir com outras áreas, como por exemplo, estudos de comportamento dos condutores (GHAGAS, 2011).

O pressuposto fundamental é que existe uma informação de caráter geográfico importante – o local do acidente – que é registrado de forma textual nos documentos oficiais e tem sido pouco ou nada explorado.

Tratando dessa aplicação no Brasil, mais precisamente no Estado de São Paulo, a infraestrutura da rede de transportes revela um quadro, embora desigual, extremamente positivo. Este estado possui uma extensa rede rodoviária, e não há município paulista que não se encontre ligado a uma rodovia pavimentada. Conforme se caminha em direção ao oeste do estado, as rodovias interligam as maiores cidades do interior. Essas vias unem importantes centros regionais, como São José do Rio Preto e Presidente Prudente, Marília e Assis (SEADE, 2004).

A ocorrência de acidentes em estradas estaduais – e também nas municipais – deve merecer a maior atenção possível das autoridades (DETRAN, DER/SP, ARTESP, DERSA,

secretarias estadual e municipais), empresas concessionárias de rodovias, seguradoras, veículos de comunicação social, usuários, enfim a sociedade como um todo.

De acordo com o IPEA/ANTP (2003) as características particulares do trânsito brasileiro dificultam o uso de estudos e dados de outros países como fonte de referência. É preciso buscar dados que expressem a realidade brasileira e que permitam a realização de estudos com base nesses dados. Para tanto, é preciso coleta de dados de acidentes de trânsito permita que estes estudos sejam realizados e proporcionem acesso ao diagnóstico e as soluções para os problemas detectados. Dessa forma, será possível o tratamento eficiente destes problemas, enfatizando a importância do desenvolvimento deste projeto.

Uma das principais dificuldades, dentro do contexto, está relacionada com a existência de poucos bancos de dados informatizados sobre acidentes (QUEIROZ, 2003). Além de poucos, há aqueles que apresentam falhas na coleta e consequentemente pouca confiabilidade nos dados. Este é um problema de difícil solução, visto que em muitos casos a preocupação com vidas humanas envolvidas nos acidentes reduz o necessário zelo na coleta de dados referentes ao local e circunstâncias de ocorrência dos mesmos, essenciais aos estudos do tema.

Segundo Trindade Junior e Braga (2005), os bancos de dados de acidentes de trânsito brasileiros possuem, em geral, graves deficiências, não só na coleta e difusão, mas na metodologia e amplitude dos dados coletados. Tais bancos exigidos pela municipalização, prevista no Código Brasileiro de Trânsito (CTB), são insuficientes para a gestão da segurança viária em cidades mais estruturadas. Isso destaca a urgência no aperfeiçoamento desses bancos de dados de acidentes e de outros registros (MANTOVANI, 2004).

Diante disso, torna-se fundamental dedicar esforços e pesquisas no sentido de melhorar a qualidade e confiabilidade da informação em questão, de maneira mais contínua e atualizada possível, a fim de que se tenha uma maior e melhor veracidade na representação da realidade.

1.3 Delimitação do problema

Sabe-se que a segurança viária é um assunto multidisciplinar e complexo no qual interagem simultaneamente as três grandes áreas do conhecimento – biológicas, exatas e humanas – direta e indiretamente, também, com toda sociedade que, de algum modo, faz uso da via. Este projeto, no entanto, está voltado para o estudo da visualização espacial dos dados de acidentes rodoviários por meio de métodos e técnicas da Cartografia. Outra particularidade diz respeito à aplicabilidade do sistema, desenvolvido e testado para um trecho rodoviário do oeste do estado de São Paulo, correspondente à rodovia Raposo Tavares (SP-270), dos

quilômetros 493 a 592, reconhecido como um dos três mais perigosos da região, que alterna pista simples e dupla, culminando em outra restrição, se considerada, por exemplo, a malha viária do país, dotada de inúmeras rodovias de pista simples.

1.4 Objetivos, proposição e meta

Dentro do contexto de revolução tecnológica e de evolução no processo de representação cartográfica, aumentam as oportunidades de explorar as possibilidades até então indisponíveis para o mapeamento utilizando-se novas tecnologias de códigos fontes abertas para *web* no processo de disseminação de informações.

O objetivo principal desta pesquisa é a contribuição para a visualização e análise de segurança viária na forma de dados georreferenciados na internet. Visa-se a concepção e construção do WebSIG/SV, um sistema de informações para o livre acesso de usuários que queiram ou necessitem de informações acerca dos setores ou locais de maior risco de acidentalidade.

Para isso, propõe-se explorar as potencialidades das tecnologias para *web* de forma que atenda às crescentes demandas por diminuição de custos em ações da gestão pública e a necessidade de uma maior democratização no processo de disseminação das informações relacionadas à ocorrência de acidentes rodoviários.

Visa-se permitir a diferentes usuários, com divergentes interesses e necessidades, o acesso às informações do tipo: hidrografia; unidades político-administrativas; sistema viário; classificação da rodovia por cores, e; pontos notáveis do local.

A meta é a integração e visualização de diferentes tipos de dados por meio da utilização de fontes abertas PHP, *JavaScript*, jQuery e banco de dados PostgreSQL com extensão espacial PostGIS em um projeto para *web mapping* pela internet. Dos objetivos a serem alcançados destacam-se:

- Contextualizar segurança viária sob o aspecto teórico, aplicações e relação com a Engenharia;
- Embasamento teórico e compreensão do alcance e limitações dos métodos e técnicas cartográficas utilizados na coleta dos dados e que integram o sistema;
- Estudar *software*s livres e de código aberto para *web mapping*, no contexto desta aplicação, tendo em vista a necessidade de integração das plataformas envolvidas;

- Desenvolver e testar um protótipo do WebSIG/SV com os módulos: interface de navegação e interface de dados, e;
- Fornecer uma contribuição, com base científica, para a redução dos índices de acidentalidade rodoviária no trecho em estudo, mediante a disponibilização do WebSIG/SV, tendo por base os dados de ocorrência registrados pela Polícia Militar Rodoviária (PMR).

1.5 Conteúdo dos capítulos da dissertação

Visando atender os objetivos do trabalho, apresenta-se no próximo capítulo desta dissertação, uma visão geral e contextualização de segurança viária. No capítulo 3, têm-se os conceitos sobre as técnicas e métodos cartográficos utilizados, dentre eles, o Sistema de Mapeamento Móvel e o Sistema de Informações Geográficas. No Capítulo 4 são apresentadas as técnicas e métodos computacionais para integração do sistema com *web* e os principais componentes do WebSIG.

No Capítulo 5, define-se a metodologia para o desenvolvimento do WebSIG/SV, aquisição dos dados utilizados, projeto de interface e implementação dos Módulos do sistema. No Capítulo 6 é apresentado o experimento e estudo realizado no local de interesse, bem como análises e resultados alcançados. No Capítulo 7, são relatadas conclusões sobre o desenvolvimento do projeto e algumas recomendações. Por fim, no Capítulo 8 são feitas algumas considerações finais. Em resumo, o esquema da figura 1 sintetiza o desenvolvimento das atividades cumpridas.

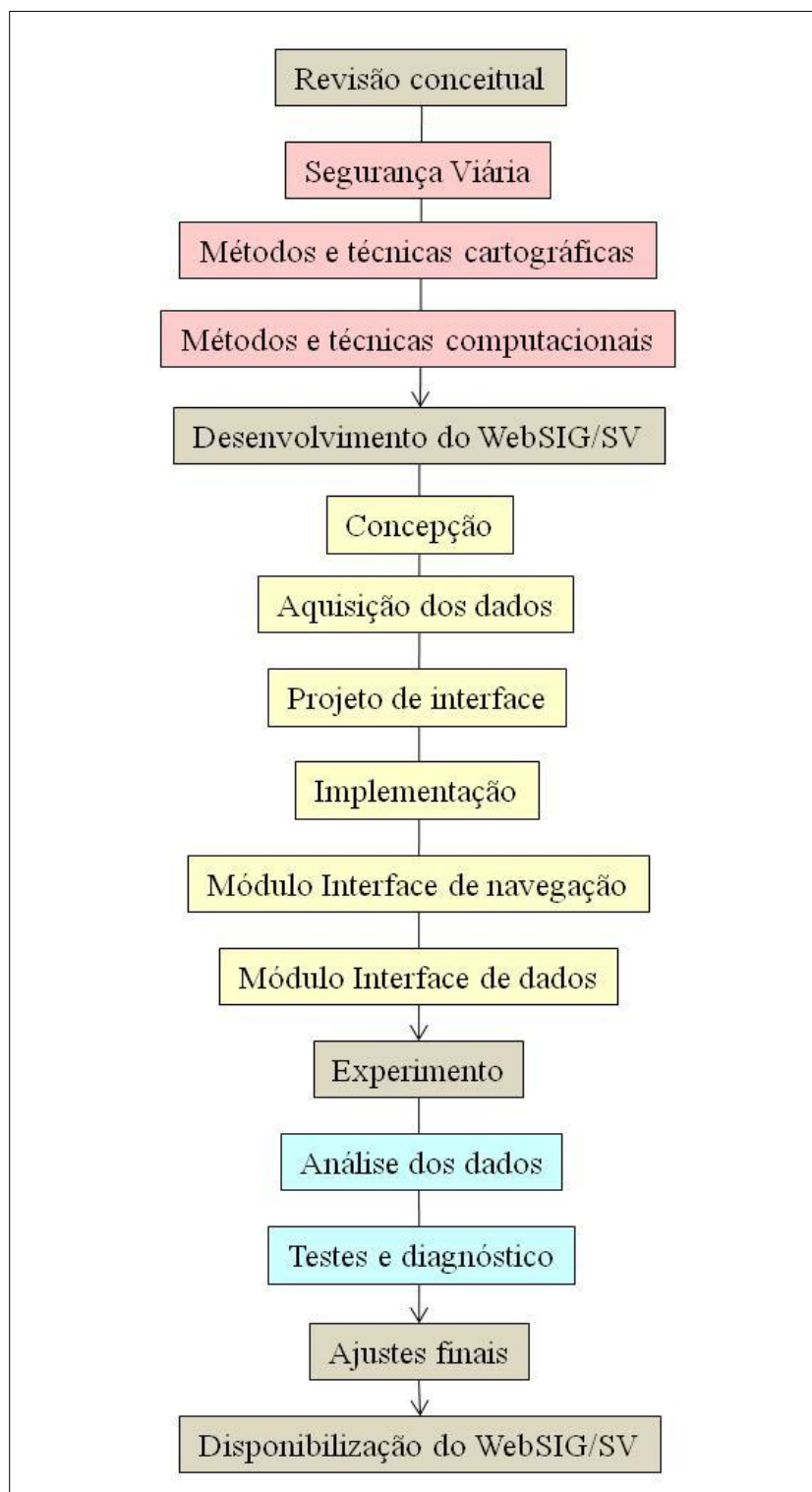



Figura 1 - Esquema de atividades da dissertação.

2 SEGURANÇA VIÁRIA

Este capítulo abrange conceitos referentes à segurança viária e sua relação com a Engenharia; aspectos históricos; coleta dos dados e uma visão geral das estatísticas de acidentes no Brasil. Para isso, é primordial conhecer o significado dos termos trânsito, segurança viária e acidente de trânsito.

Considera-se o trânsito como a utilização das vias por pessoas, veículos e animais, isolados ou em grupos, conduzidos ou não, para fins de circulação, parada, estacionamento e operação de carga e descarga. Em condições seguras, ele é um direito de todos e dever dos órgãos e entidades componentes do Sistema Nacional de Trânsito (esfera federal, estaduais, municipais), a estes cabendo, no âmbito das respectivas competências, adotarem as medidas destinadas a assegurar esse direito (BRASIL, 1997).

Dessa forma, Ferraz et al. (2008) acredita que uma política adequada de segurança no trânsito deve atuar no sentido de reduzir à exposição ao risco; à quantidade de acidentes; à severidade de acidentes e os danos às vítimas. Para reduzir a ocorrência e a severidade dos acidentes, deve-se, genericamente, atuar em três áreas distintas: Engenharia, Educação e Esforço Legal.

A segurança no trânsito envolve todos os fatores que afetam a segurança na circulação (por exemplo, segurança viária). Conceituá-la não é tarefa fácil, já que é necessário relacionar a diversos fatores e medi-la.

Ela compreende a possibilidade de realizar as atividades sem preocupação e risco de se envolver em acidentes. A concepção positiva desse tipo de segurança é de difícil mensuração. Contrário das medidas negativas, que apesar de complexas, são mais práticas. Tratam-se dos acidentes de trânsito, conflitos de tráfego, carga de exigência, dentre outros. O acidente não é uma medida perfeita, todavia, é a mais importante, pelo fato de causar danos e sequelas nos envolvidos (PIETRANTONIO, 1993).

Por definição, acidente de trânsito é uma ocorrência que afeta diretamente o cidadão, porquanto a este são impingidos aspectos relacionados com a morte, com a incapacitação física, perdas materiais, podendo provocar sérios comprometimentos de cunho psicológico, muitas vezes de difícil superação (BRASIL, 2010).

A acidentalidade no trânsito é um grave problema no mundo contemporâneo (WHO, 2004). Esse cenário vai se tornar ainda mais trágico se as políticas adequadas não forem colocadas em prática, pois a previsão é que esses números irão crescer ainda mais atingindo a

marca de 2 milhões de óbitos no ano de 2020 – esta estimativa considera um aumento de óbitos de 80% nos países não desenvolvidos e uma redução de 30% nas nações desenvolvidas, pois com a concretização de ações eficazes, os países desenvolvidos tem conseguido reduzir os acidentes e as mortes no trânsito (FERRAZ et al., 2008).

Diante de tal situação, a ONU (Organização das Nações Unidas) lançou no dia 11 de maio de 2011 a *Década de Ação pelo Trânsito Seguro 2011-2020*, na qual governos de todo o mundo se comprometem a tomar novas medidas para prevenir os acidentes no trânsito, que matam cerca de 1,3 milhões de pessoas por ano (ONUBR, 2011).

No tocante ao desenvolvimento social, a maior segurança no trânsito dos países desenvolvidos deve-se, principalmente, aos seguintes fatores: legislação e punição mais severas, maior conhecimento e respeito às leis e regras de trânsito por parte da população, condutores e pedestres com melhor treinamento, amplo acesso das pessoas às informações sobre as estatísticas dos acidentes, etc. (FERRAZ et al., 2008).

Portanto, na sociedade, os campos de ação são subsidiados por um conjunto de fatores, estando os mesmos englobados, direta ou indiretamente da seguinte forma (Figura 2):

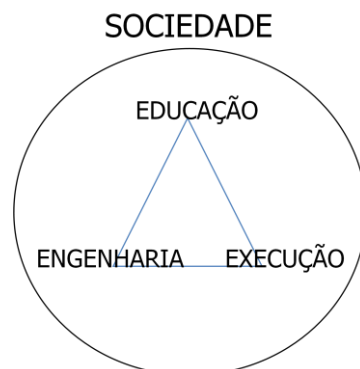



Figura 2 - Campos de ação em segurança de trânsito. Fonte: Pietrantonio (1993).

Ou seja, viabilizar recursos para combater a acidentalidade viária, colocar em prática as ações pertinentes, mesmo que impopulares, a convencer a população da importância destas medidas constituem um grande desafio para autoridades e técnicos dos países menos desenvolvidos, como é o caso do Brasil (FERRAZ et al., 2008).

2.1 Conceitos importantes na análise da segurança viária

Apresentados os três termos, prosseguem-se a introdução demais. As referências consultadas para montar a seguinte lista de termos e respectivos significados foram: “Classificação e Codificação de Rodovias Estaduais - São Paulo” (DER, 2005); “Dicas de

direção defensiva" (DETRAN, 2009); "Estudo da Segurança Rodoviária duma Rede Regional de Estradas Nacional" (RODRIGUES, 2012), e; "Manual de planejamento de acessibilidade e transportes: Segurança rodoviária" (SECO, 2008).

- Acidente com vítimas: acidente do qual resulte pelo menos uma vítima.
- Vítima: ser humano que, em consequência de acidente, sofra danos corporais.
- Morto ou vítima mortal: vítima de acidente cujo óbito ocorra no local do evento ou no seu percurso até à unidade de saúde.
- Ferido grave: vítima de acidente cujos danos corporais obriguem a um período de hospitalização superior a 24 horas.
- Ferido leve: vítima de acidente que não seja considerada ferido grave.
- Condutor: pessoa que detém o comando de um veículo ou animal na via pública.
- Passageiro: pessoa em um veículo na via pública e que não seja condutora.

As informações dos locais em que ocorreram os acidentes dizem respeito ao tráfego, ao ambiente envolvente e ao uso da rua/local. Sugere-se a seguinte recolha de informação:

- Projetos e perfis transversais do local: as plantas devem conter a informação da sinalização, do mobiliário urbano, etc.
- Fotografias e vídeo obtidos nas diferentes perspectivas: esta informação é útil para uma análise e pode justificar a opção a tomar. Permite analisar volumes de tráfego, composição do tráfego, movimentos dos veículos, etc.
- Volumes de tráfego: total de veículos e por classes de veículos
- Visitas ao local: indispensável a recolha da informação diretamente no local. Deve-se no mínimo visitar o local, duas vezes, a pé e de carro em diversas trajetórias, em diferentes alturas do dia e em diferentes situações meteorológicas.
- Área rural: região caracterizada por não possuir imóveis edificados ao longo de sua extensão.
- Área urbana: região caracterizada por possuir imóveis edificados ao longo de sua extensão, entrecortados por ruas, avenidas, vielas, caminhos e similares abertos à circulação pública.

No caso do acidente ter ocorrido em uma rodovia estadual, têm-se os conceitos a seguir.

A malha rodoviária estadual é composta pelas rodovias e seus complementos rodoviários sob a jurisdição do Estado e compreende a infraestrutura rodoviária e a estrutura operacional. Por estrutura operacional entende-se o conjunto de atividades que possibilitam o uso adequado da malha rodoviária.

- Via Rural: superfície por onde transitam veículos, pessoas e animais, compreendendo a pista, o acostamento, ilha e canteiro central, situada em área não urbana.
- Rodovia: via rural pavimentada, destinada ao tráfego de veículos autônomos que se deslocam sobre rodas.
- Rodovia Estadual Transitória: rodovia estadual existente, cujo traçado coincide com as diretrizes de rodovias federais planejadas.
- Estrada: é a via rural não pavimentada.

As rodovias estaduais e seus complementos classificam-se em:

- Rodovias Radiais: aquelas que constituem ligação com a Capital do Estado. Tem como indicação o número par que corresponde ao valor em graus do ângulo formado com a linha norte que passa pela Capital, e a linha que incide sobre o eixo da rodovia. Esse número é crescente, obedecendo ao sentido dos ponteiros do relógio, isto é, da esquerda para a direita e varia de 002 a 360.
- Rodovias Transversais: aquelas que ligam localidades do Estado, sem passar pela Capital. Tem como indicação o número ímpar que corresponde à distância média, em quilômetros, entre a rodovia e a Capital. A distância média é calculada traçando-se uma linha sobre o eixo da rodovia e, em paralelo, uma linha sobre a Capital do Estado. A distância entre essas paralelas, medida através de uma linha em ângulo de 90º, será a referência numérica para estabelecimento do código da rodovia.
- Marginais: são codificadas com o mesmo código da rodovia que lhe dá origem, acrescidos após a sigla SP, da letra M e após o numeral, da letra D, para marginal direita e da letra E, para marginal esquerda. Subentende-se para marginal direita o sentindo crescente da quilometragem.

O estudo dos acidentes rodoviários tem por base os acidentes ocorridos em determinada rodovia, os quais devem ser caracterizados, tendo em vista a determinação da sua natureza, forma de ocorrência e sistemática de repetição a fim de que possam ser estabelecidos critérios de prevenção.

Ferraz et al. (2008) classifica os acidentes de acordo com o local, o momento, as características dos veículos, as pessoas envolvidas e as vítimas, o tipo e estado do pavimento e as condições ambientais (sol, chuva, neblina etc.).

Outro aspecto que deve ser levado em consideração é a tipificação dos acidentes, a qual pode seguir diferentes linhas de classificação. No Brasil, ela é normatizada pela Associação

Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por intermédio de sua PB-32 “Relatório de Acidentes de Trânsito”. Adota-se a seguinte classificação:

Abalroamento lateral no mesmo sentido: acidente entre veículos em movimento em faixas distintas, porém no mesmo sentido, quando um inicia uma conversão à direita ou esquerda.

Abalroamento lateral em sentidos opostos: acidente entre veículos que se deslocam em sentidos opostos e em faixas distintas. Geralmente um dos veículos está iniciando uma conversão à esquerda ou direita.

Abalroamento transversal: envolve veículos que se deslocam em direções com um ângulo próximo de 90°, ocorre normalmente, em cruzamentos ou acessos secundários e eventualmente em lugares utilizados irregularmente para realizar retornos.

Atropelamento: um veículo em movimento colide com uma pessoa ou animal.

Capotamento: ocorre quando um veículo em movimento gira em qualquer sentido, ficando com as rodas para cima, mesmo que momentaneamente.

Choque: impacto de um veículo contra qualquer obstáculo, poste, árvore, muro, etc., até mesmo outro veículo estacionado ou parado.

Colisão: impacto de dois veículos em movimento, frente a frente ou pela traseira.

Combinação: acidentes que combinem dois ou mais tipos mencionados anteriormente, por exemplo, um atropelamento que provoca um engarrafamento com uma colisão traseira.

Engavetamento: colisão de três ou mais veículos, um atrás do outro, traseira ou frontal.

Outros: quaisquer acidentes que não se enquadrem na classificação acima, como, queda em abismo, saída da pista, soterramento, submersão e incêndio.

Tombamento: ocorre quando o veículo tomba lateral ou frontalmente.

2.2 Gestão de segurança viária

Por muito tempo a segurança no trânsito foi considerada uma responsabilidade do setor de transportes e entendia-se que os acidentes eram eventos que ocorriam de maneira aleatória e independente de outros fatores.

Na década de 1960, no entanto, muitos países desenvolvidos criaram departamentos específicos para cuidar da segurança no trânsito e trataram de envolver no processo outros setores, sobretudo o de Saúde Pública, diante da quantidade de óbitos, feridos, leitos hospitalares ocupados e de anos de vida e vida saudável perdida devido aos acidentes de trânsito, que, se equivalia ou mesmo superava muitas doenças clássicas.

Nos últimos anos, o sucesso obtido por esses países na diminuição dos acidentes e das vítimas, mediante o emprego do enfoque científico (análise racional, ações práticas adequadas e monitoramento dessas ações), tem mostrado que os acidentes e as vítimas causados pelo trânsito são, em grande medida, previsíveis e evitáveis (FERRAZ et al., 2008).

Com isso, passou-se a confiar à questão da segurança viária como um problema multidisciplinar, que exige a participação de profissionais de diferentes áreas.

Dentre as responsabilidades dos profissionais da área de Engenharia, cabe a realização da gestão da segurança viária, envolvendo a coleta e o tratamento estatístico dos dados de acidentes, a logística de socorro às vítimas, a implementação de ações visando à redução dos acidentes, sobretudo dos graves, etc. (FERRAZ et al., 2008).

2.3 Aspectos históricos sobre acidentes de trânsito e segurança viária

Há mais de 100 anos que o problema dos acidentes passou a preocupar a sociedade. O primeiro registro ocorreu em Londres, em 1896. Um ano depois, em Nova York, faleceu o primeiro homem vítima de acidente de trânsito. Desde então, muitas teorias começaram a ser formuladas na tentativa de explicar o porquê daqueles eventos.

Ao final do século XIX os acidentes eram entendidos como puramente aleatórios, sobre os quais o ser humano não teria nenhum controle (BORTKIEWICS, 1898 *apud* SILVA, 2011). Essa visão foi confrontada durante a Primeira Guerra Mundial (GREENWOOD e YULE, 1920) por um modelo baseado na suposição de diferentes tendências iniciais para o acidente (teoria da propensão). Entretanto, a partir de 1950, essa teoria foi enfraquecida pela constatação de que a maioria dos acidentes envolvia condutores comuns.

Surgiu o argumento de que a prevenção dos acidentes é apenas possível com a identificação de suas reais causas. Com essa abordagem, conclui-se que os acidentes têm, geralmente, mais de uma causa. Concomitantemente, descobriu-se que os fatores humanos contribuíam para a maioria dos acidentes. Mas, logo foi percebido que esses esforços tiveram apenas um modesto sucesso, pois seria necessário descobrir o porquê os erros.

A teoria do sistema (ou teoria epidemiológica) que emergiu na década de 50 tornou-se popular nos anos 60 e 70, sendo a mais bem sucedida das teorias. Propôs-se que os acidentes eram resultados de desajustes na interação entre várias partes de sistemas complexos modificando os componentes técnicos do sistema de transporte, principalmente aqueles relacionados à engenharia de segurança veicular (ELVIK et al., 2009).

Embora nenhuma teoria seja considerada ideal pela comunidade científica, a abordagem tradicional usada na avaliação da segurança viária está baseada na compilação de estatísticas sobre a ocorrência de acidentes e sua severidade (HAUER, 2007).

Em 1965, na França, o *Interdepartamental Highway Safety Board* redigiu um relatório que expressava a posição de que os acidentes de trânsito constituíam um importante problema nacional que não respeitavam limites estaduais e municipais e que o Governo Federal deveria aceitar o desafio para políticas arrojadas nessa área. Em 1966, o congresso decretou o primeiro *Highway Safety Act* (LEHFELD, 1979).

Depois, o governo francês tomou a decisão de enfrentar o problema, dando alta prioridade ao seu combate e, para tanto, subordinando-o à esfera ministerial. Devido a seu caráter interdisciplinar foi criado um Comitê Interministerial para a Segurança de Trânsito com a incumbência de coordenar os esforços em todos os níveis e promover um programa contínuo para o desenvolvimento e aplicação de medidas corretoras.

Surgiu, assim, a necessidade de controlar a acidentalidade viária e os seus efeitos nefastos, desenvolvendo estudos e ações, através da implementação de medidas estruturais (infraestrutura) e funcionais (regulação de fluxos de tráfego, por exemplo), relacionadas com o trânsito (LEHFELD, 1979).

No Brasil, a primeira norma legal sobre trânsito, de que se tem conhecimento, é o Decreto n° 8.324, datado de 27 de outubro de 1910, baixado pelo Presidente Nilo Peçanha, cuja finalidade principal era disciplinar o serviço de transporte por automóvel. Posteriormente surgiu o Decreto Legislativo n° 4.460, de 11 de janeiro de 1922, que estabeleceu as normas relativas à construção de estradas, cuidando ainda da carga máxima dos veículos (MOUKARZEL, 1999).

Em 1964, um programa nacional de melhoramentos localizados foi instituído para tratar locais de grande risco no sistema de vias que recebiam assistência federal. Em vigor desde o dia 23 de janeiro de 1998, o CTB, com vinte capítulos e trezentos e quarenta e um artigos, impõe padrões de controle bem mais severos que os anteriores (MOUKARZEL, 1999).

2.4 Estatísticas de acidentes de trânsito no Brasil

De acordo com a Confederação Nacional de Municípios (2009), ao contrário dos países desenvolvidos, no Brasil, a quantidade de fatalidades em acidentes de trânsito cresceu de 2000 a 2007. De acordo com a base do SUS, houve um aumento de 30% nas mortes nesse período. Entre 1997 e 1999, as mortes em acidentes terrestres estavam caindo, mas voltaram a crescer

a partir de 2000, atingindo um pico histórico em 2007, com 66.837 mortes. Um número extremamente elevado e alarmante, que coloca o Brasil entre os países com mais mortes no trânsito em todo o mundo.

Por outro lado, os dados indicam que a partir de 2008 houve uma leve queda nos acidentes fatais. Efeitos positivos da Lei 11.705/08, que endureceu as penas para os condutores que dirigissem sob a influência de álcool ou de qualquer outra substância psicoativa. Ao mesmo tempo, deve-se considerar um fato de encontro a essa política de segurança no trânsito – a exoneração do IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados) para carros – que aumentou consideravelmente a frota de veículos nas ruas do país, o que elevou os índices de acidentes. Nos países desenvolvidos vem sendo aplicada uma política contrária, que busca reduzir, a cada ano, a frota de veículos nas ruas (CNM, 2009).

Entre os estados, Tocantins lidera as taxas de mortes no trânsito, com 37,9 mortes por 100 mil habitantes. É seguido por Rondônia (37,5 por 100 mil), Mato Grosso (35,2), Piauí (34,7) e Mato Grosso do Sul (34,7). O estado de São Paulo fica na 25ª colocação, com 17,7 mortes por 100 mil habitantes, à frente do Rio de Janeiro (17,2) e Amazonas (14,4), este último, o trânsito menos violento do Brasil. Nos casos de morte de motociclistas, o campeão é o estado do Piauí, com 30,4 mortes por 100 mil habitantes (MANSO, 2013).

Além disso, as estatísticas comprovam que a maioria (cerca de 86%) dos condutores envolvidos em acidentes no país, ainda é formada por homens jovens (na faixa etária de 30 a 40 anos – Figura 3) (MT, 2011).

Informações que se repetem para o estado de São Paulo, onde cerca de 83,5% dos envolvidos em acidentes também são do sexo masculino e têm entre 30 e 40 anos (MT, 2011).

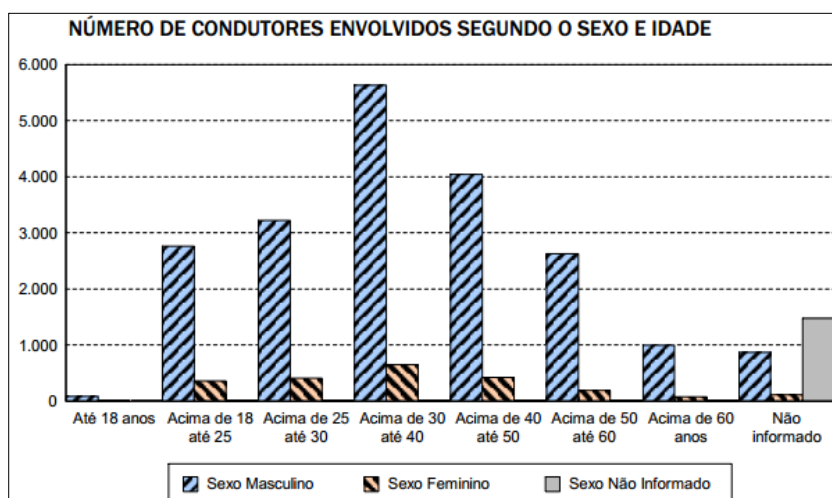



Figura 3 - Número de condutores envolvidos segundo o sexo e idade do estado de São Paulo. Emitido em 06-fev.-2011. Disponível em: http://www.dnit.gov.br/rodovias/operacoes-rodoviarias/estatisticas-de-acidentes/quadro-0302-numero-de-condutores-envolvidos-por-sexo-e-idade-do-condutor-ano-de-2011.pdf. Acesso em: 07/11/2013.

Calcula-se que 63% dos leitos hospitalares da área de ortopedia são ocupados por vítimas de acidentes de trânsito, destacando-se entre elas a predominância de danos aos membros inferiores, determinando longo tempo de duração e recuperação e de lesões na cabeça, pescoço ou tronco que implicam riscos para órgãos e vasos vitais, além de um alarmante índice de internações cirúrgicas e de complicações (27%) (MOUKARZEL, 1999).

Mesmo assim tem-se a situação preocupante que os relatórios de trânsito não são suficientes para dar suporte à solução do problema. Por isso, de acordo com Erdogan et al. (2008), as geotecnologias devem ser usadas como ferramenta na visualização, gerenciamento e análise espacial de acidentes, observando-se que deve ter uma base confiável de dados, pois as inconsistências podem prejudicar esse tipo de análise.

3 MÉTODOS E TÉCNICAS CARTOGRÁFICAS

Este capítulo almeja apresentar a importância e contribuição dos métodos e técnicas cartográficas nas atividades relacionadas ao tema do projeto. São abordados, respectivamente, conceitos sobre o Sistema de Mapeamento Móvel; Projeto cartográfico para visualização cartográfica; geoinformação e geotecnologia, e; Sistema de Informações Geográficas.

3.1 Sistema de Mapeamento Móvel (SMM)

O emprego do levantamento aerofotogramétrico para geração de bases cartográficas é uma prática bem conhecida pelos cartógrafos e reporta bons resultados. O caso terrestre, segundo Oliveira (2003), representa uma linha de investigação científica e tecnológica de um método de mapeamento de vias que vem sendo cada vez mais utilizado tanto comercialmente quanto para fins de pesquisa.

O SMM é um método de aquisição de imagens georreferenciáveis que utiliza uma plataforma móvel na qual são embarcados os sensores e demais equipamentos que compõem o aparato tecnológico. Construído para mapear rodovias, os SMM estenderam-se para as vias urbanas, ferrovias, hidrovias, áreas ambientais, e recentemente adentraram edifícios. Requerem processamento e análise de distintos tipos de dados de: tempo, fase, força, variação angular e distância, dos quais resultam posição, velocidade e atitude (PVA) de um ou mais sensores (câmeras e LIDAR), com os quais se produzem as imagens georreferenciadas (SILVA et al., 2012).

O pioneiro na atividade de mapeamento móvel de vias terrestres de locomoção foi o sistema *GPSVan*, desenvolvido na Universidade Estadual de *Ohio*, em *Columbus-OH*, no Estados Unidos, composto por um par de câmaras digitais, um receptor *GPS* e um sistema de armazenamento de imagens (OLIVEIRA, 2003).

Em 1999, na Universidade Estadual Paulista – UNESP, em Presidente Prudente-SP, foi desenvolvido o protótipo denominado Unidade Móvel de Mapeamento Digital (UMMD), integrante do sistema que conta com o Laboratório de Mapeamento Móvel (LaMMov). Inicialmente, a UMMD era composta por duas câmaras de vídeos digitais (*Sony DSR2001*), receptores GPS e um sistema de edição e processamento dos dados coletados (Figura 4). Contudo, o uso integrado de sensores, sistemas inerciais de baixo custo (MEMS-*Micro Elcctro-Mechanical System*), placa Arduíno e GPS está em crescimento e com resultados

preliminares que precisam ser melhorados (SILVA et al., 2012). No LaMMov estes dados são processados, utilizando *softwares* comerciais e científicos, desenvolvidos especificadamente para mapeamento fotogramétrico (OLIVEIRA, 2003).

Figura 4 – UMMD: Vista geral (esq.) e Vista geral do LAMMOV (dir.).
Fonte: adaptado de Oliveira (2003).

Uma das potencialidades da tecnologia em questão é a contribuição para a segurança viária. O mapeamento móvel pode ser inserido nas áreas em que a informação geográfica é parte do processo de produção que depende do uso intensivo do sistema viário, por exemplo. De acordo com Silva et al. (2012) considerando-se os altos números de acidentes rodoviários no Brasil, esta aplicação tecnológica tende a ter expressivo benefício social e pedagógico.

3.2 Projeto cartográfico para a visualização cartográfica

Segundo Furlanetti (2005), a elaboração de um projeto voltado para a visualização cartográfica inicia-se, assim como no projeto cartográfico convencional, a partir da definição da "área geográfica", do "público alvo" e "objetivo" a que o mapa deve atender.

O projeto cartográfico convencional se refere ao projeto cartográfico de uso consolidado pelo meio científico, no qual obedece a padrões aceitos e pode ser encontrado na maioria da literatura especializada como projeto cartográfico. O que faz necessário o uso da denominação "visualização" é o fato de se estar tratando de um projeto que se diferencia do convencional, por abordar novos conceitos emergentes das novas tecnologias, e que objetiva não só a representação como a visualização dos dados espaciais (FURLANETTI, 2005).

O WebSIG/SV, almejado neste projeto, é um produto cartográfico para representação e visualização, por isso, faz-se necessário o conhecimento das etapas do projeto cartográfico para visualização, que podem ser assim organizadas, com base em Furlanetti (2005):

- 1° Etapa: definição dos **"Elementos do mapa"**, ao avaliar as "possibilidades técnicas" as quais fazem referência às possibilidades de se gerar o produto final pretendido.

- <u>2° Etapa</u>: **"Análise da Cartografia"** corresponde à busca dos dados necessários para confecção do mapa, identificando primeiro àqueles já existentes e acessíveis.
- <u>3° Etapa:</u> **"Análise dos dados geográficos"** muito relevante neste tipo de projeto**,** pois a sua estruturação pode ser incorporada através de um SIG, possibilitando funções como pesquisas espaciais, mudança de simbologia e cores.
- <u>4° Etapa</u>: toda a estrutura apresentada na etapa anterior deve permitir "*links*" com animações, fotos, áudios, vídeos e textos, integrando assim um sistema **"Multimídia"**.
- <u>5° Etapa</u>: A **"Simbologia"** deve abordar além dos conceitos da semiologia gráfica, novos padrões de variáveis gráficas, como as variáveis dinâmicas utilizadas em animações e, se necessário, deve-se elaborar o **"Projeto de símbolos".**
- <u>6° Etapa</u>: a **"Interface"** é de fundamental importância, pois permite ao usuário controlar e avaliar o funcionamento do sistema através de dispositivos sensíveis às suas ações. Dispositivos que estimulam a percepção, conduzida pela interação, exploração e análise.
- <u>7° Etapa</u>: na **"Avaliação"** a última etapa, devem-se considerar além da visibilidade e legibilidade, preceitos ergonômicos e usabilidade junto ao usuário.

A figura 5 representa o esquema das etapas e suas atividades principais.

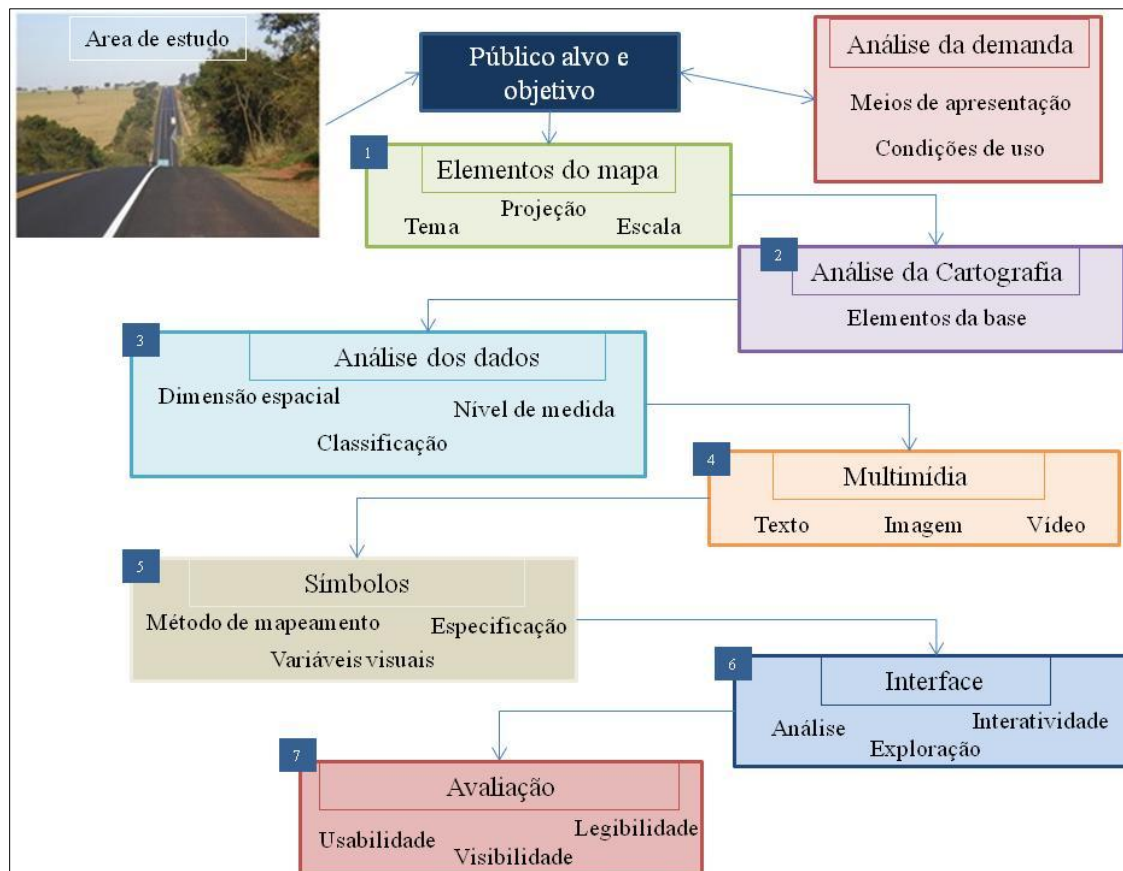



Figura 5 - Esquema das etapas do projeto cartográfico para visualização.
Fonte: Adaptado de Furlanetti (2005).

Durante o desenvolvimento da dissertação, buscou-se cumprir todas as etapas citadas. No decorrer do Capítulo 5 é apresentado todo o desenvolvimento do projeto cartográfico para visualização, que, de fato, não concentrado em uma única subseção. Algumas etapas tiveram de ser mais bem detalhadas tanto por restrições quanto materiais e métodos utilizados quanto para ficar mais clara a justificativa, como é o caso da definição da área geográfica; 1° e 6° etapas, e; avaliação. Por isso, as etapas receberam respectivos nomes, e não ordem numérica proposta. Tal ordem, apresentada apenas para nortear as escolhas em função das particularidades.

3.2.1 Linguagem cartográfica

Neste item são apresentados os conceitos referentes ao desenvolvimento da definição dos "Elementos do mapa", da "Análise da Cartografia" e "Simbologia". Tais conceitos, de acordo com Furlanetti (2005), estão relacionados com a ideia de que para representar os diversos temas do conteúdo informacional de um mapa, devem-se satisfazer as condições de descrever as feições ou fenômenos além de localizá-las. Para tal a cartografia utiliza-se do arranjo de pontos, linhas e polígonos junto das características inatas de variações gráficas, como a cor, a forma, o tamanho e a textura.

Serão abordadas, nesta ordem, as primitivas gráficas, variáveis visuais, fenômenos geográficos, nível de medida, cor e símbolos na Cartografia.

3.2.1.1 Primitivas gráficas

Também denominadas "dimensão espacial do fenômeno", são utilizadas na Cartografia para exprimir pontos, linhas ou polígonos (BERTIN, 1977; BOS, 1984; LOCH, 2005; ROBBI, 2000). A tabela 1 sintetiza as relações de representação.

Tabela 1 - Relações de representação das primitivas gráficas.

Primitiva gráfica	Relação
Ponto	Com um par de coordenadas (x, y)
Linhas	Com mais de um par de coordenadas (x, y)
Polígonos	Com uma série de coordenadas (x, y) que constituem polígonos fechados

As vias e hidrografia são exemplos de representação em forma de linhas, com a direção e posição. Os polígonos podem ser utilizados para definir regiões, como limites político-administrativos e bacias hidrográficas.

3.2.1.2 Variáveis visuais

A partir das primitivas gráficas, é possível variar o grau de percepção visual de pontos, linhas e polígonos, através do emprego das Variáveis Visuais (FURLANETTI, 2005).

A proposta de variáveis visuais de Bertin (1977) parte de que se faz comunicação por meio de marcas no papel e leva em consideração: as duas dimensões do plano (x e y); tamanho; intensidade; granulação; cor; orientação e forma (Figura 6).

Variáveis Visuais	Modos de Implantação		
	Ponto	Linha	Área
Tamanho			
Intensidade (valor)			
Granulação			
Cor			
Orientação			
Forma			

Figura 6 - Variáveis visuais disponíveis para representações. Fonte: Furlanetti (2005).

Robinson et al. (1995) afirmaram que as primitivas gráficas podem aparecer mais ou menos distintas e salientes, em função da forma, tamanho, orientação ou cor, e, também apresentou uma lista de Variáveis Visuais as quais foram chamadas de Variáveis Visuais Primárias. Uma vez que a variação no espaçamento dos elementos gráficos tenha sido interpretada como textura e a repetição dos elementos gráficos várias combinações das Variáveis Visuais Primárias, produz-se efeitos conhecidos como “padrões” (*patterns)* ou como “efeito de preenchimento”. Estes “padrões” apresentam características de arranjo, textura (espaçamento), e orientação, podendo ser chamados de Variáveis Visuais Secundárias (figura 7).

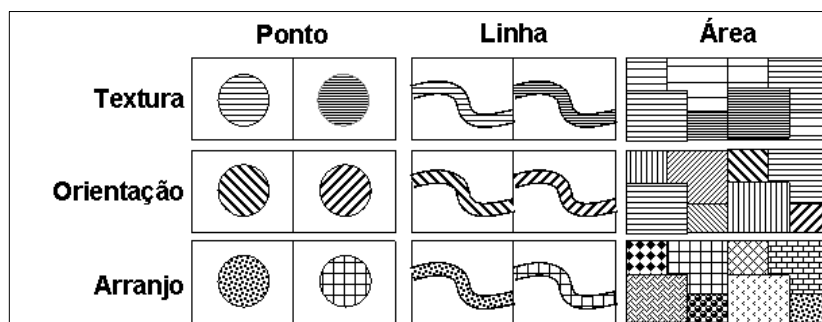



Figura 7 - As variáveis visuais secundárias. Fonte: adaptado de Robinson et al. (1995).

As variáveis visuais têm propriedades perceptivas que toda a transcrição gráfica deve levar em consideração para traduzir de maneira adequadas as relações fundamentais existentes entre os objetos representados, que são relações de: similaridade (≡)/diversidade (≠), de ordem (O) e de proporcionalidade (Q) (MARTINELLI, 1991).

3.2.1.3 Fenômenos geográficos

De acordo com Dent (1993), os fenômenos geográficos são distintos dos dados geográficos. Os dados geográficos são feições que descrevem (muitas vezes por medições diretas ou indiretas) os fenômenos geográficos.

Os dados que representam fenômenos discretos ocupam um lugar no espaço determinado, onde não ocorrem tais fenômenos. A escala espacial no qual se observa este objeto vai determinar se podem ser assumidos como ponto, linha, área ou volume. São exemplos: as vias, populações urbanas e etc. Os dados que representam fenômenos contínuos espacialmente ocupam uma área ou volume sem interrupção na superfície terrestre, como clima, pressão atmosférica, densidade populacional e etc. (KRAAK e ORMELING, 1996).

Loch (2005) afirma que a maneira primitiva de se organizar os fenômenos geográficos para facilitar o entendimento é feita em dois grandes grupos: a representação qualitativa, em função da diversidade dos fenômenos geográficos e a quantitativa seguindo a grandeza dos elementos representados, evidenciando relações de tamanho ou proporcionalidade entre os fenômenos.

3.2.1.4 Nível de medida

O nível de medida é basicamente mais uma maneira de se descrever os fenômenos geográficos segundo Dent (1996) (Quadro 1):

Quadro 1 - Tipos de nível de medidas e respectivas características e exemplos.

Tipo do nível de medida	Características	Exemplo de mapa
Nominal	Permite distinção entre as classes de atributos	De solos, dos tipos de culturas agrícolas
Ordenado	Classificação hierárquica do fenômeno	Fertilidade do solo (baixa, média e alta)
Intervalar	Permite a distinção entre os intervalos das classes	Escalas de temperatura Celsius ou Fahrenheit
Razão ou proporcional	Eventos ordenados e distâncias entre as classes são conhecidas.	Densidade demográfica

MacEachren (1994) estabeleceu uma interessante adequação entre o nível de medida e as variáveis visuais (Quadro 2).

Quadro 2 - Variáreis gráficas adequadas aos níveis de medida.
Fonte: Adaptado de MacEachren (1994).

	Numérico	Ordinal	Nominal
Localização	B	B	B
Tamanho	B	B	B
Valor de cor	M	B	P
Saturação de cor	M	B	P
Matiz de cor	M	M[a]	B[b]
Textura	M	M	B
Orientação	M	M[c]	B
Arranjo	P	P	M[d]
Forma	P	P	B

Onde, B=bom, M=efeito marginal, P=pobre.

[a]Os tons devem ser cuidadosamente selecionados para que uma ordem ou hierarquia seja percebida.

[b]As texturas são boas para diferenciar somente duas ou talvez três categorias.

[c]A orientação fornece capacidade limitada para comunicar informações numéricas ordinais, quando são usadas marcas padronizadas tais como: um símbolo de relógio para comunicar informações sobre períodos de tempo da ocorrência do fenômeno.

[d]A variável arranjo é mais bem utilizada como uma variável redundante, para representar a diferença visual entre as categorias mais óbvias.

3.2.1.5 Cor

Robinson et al. (1995) apresentaram três funções para a cor no mapeamento. A primeira como agente de *simplificação* e *esclarecimento*, a cor pode ser utilizada na função de

representação e organização do espaço. Na segunda, a cor reflete a *perceptividade* do mapa, na função de legibilidade, acurácia[1] visual e visibilidade. Por fim, a cor gera reações subjetivas e pode ser utilizada na função de modificar tais sensações.

O fenômeno da percepção da cor é mais complexo que da sensação. Se neste entram apenas os elementos físicos (luz) e fisiológicos (olho), naqueles entram além dos elementos citados, os dados psicológicos que alteram substancialmente a qualidade do que se vê. Guiados pelos dados perceptivos, estudiosos puderam iniciar um levantamento de classificação e nomenclatura das cores segundo suas características e formas de manifestação (PEDROSA, 1999).

Seguindo a composição de suas estruturas, as cores são classificadas com as seguintes denominações (FURLANETTI, 2005):

- Cor Primária: cada uma das três cores indecomponíveis que, misturadas em proporções variadas produz todas as outras cores.
- Cor Secundária: é a cor formada por equilíbrio ótico de duas cores primárias.
- Cor Terciária: é a intermediária entre uma cor secundária e qualquer das duas primárias que lhe dão origem.
- Cor Complementar: São cores cuja mistura produz o branco, em Física, cores complementares significam par de cores, complementando uma a outra. O azul é a cor primária ausente; portanto, azul e amarelo são complementares. O complemento do verde é o magenta; e o complemento do vermelho, o ciano. Isso explica porque vemos outras cores além de vermelho, verde e azul. Em um girassol, vê-se o amarelo por que o comprimento de onda de luz vermelha e verde é refletido de volta, enquanto o azul é absorvido pela planta.

Há também o sistema RGB de cores primárias, que é um exemplo da síntese aditiva e pode ser representado graficamente através do cubo unitário definido sobre os eixos R, G e B. O sistema HSV descreve a cor através das variáveis que compõem o modelo, que são o *Hue* (matiz), *Saturation* (saturação) e *Value* (luminosidade). Este sistema é mais intuitivo do que combinações de um conjunto de cores primárias, portanto é mais adequado para ser usado na especificação de cores em nível de interface com o mesmo.

[1] Grau de proximidade de uma estimativa com seu parâmetro (ou valor verdadeiro), enquanto precisão expressa o grau de consistência da grandeza medida com sua média. A Acurácia inclui não só os efeitos aleatórios, mas também os sistemáticos (MONICO et al., 2009).

3.2.1.6 Símbolos

Delazari (2004) ressalta que o uso de símbolos em mapas digitais consiste uma questão a ser resolvida. Os símbolos utilizados em mapas impressos quando convertidos para o ambiente digital tornam-se ilegíveis ou muito grandes. O tamanho máximo de um símbolo na tela do computador não deve exceder 16x16 pixels para que os símbolos não dominem a imagem, e projetar símbolos deste tamanho não é uma tarefa simples. A utilização de textos também é um problema em projeto de mapas. Aplicar uma boa estética para textos em mapas digitais normalmente recai nos problemas já citados do tamanho da tela e da resolução.

Bos (1984) relata que além das características de dimensão espacial os símbolos cartográficos também podem ser classificados quanto à forma: pictórico ou descritivo; geométrico ou abstrato (Figura 8); ou, alfanumérico.

- Símbolo Pictórico ou Descritivo: símbolo que costuma ocupar um espaço grande no mapa, maior que a dimensão da feição real e cobrindo outros detalhes, o que não necessariamente deve ser caracterizado como uma desvantagem.
- Símbolo Geométrico ou Abstrato: ao contrário do símbolo pictórico, não se assemelha com a feição ou fenômeno representado, para isso, têm que ser explicados na legenda do mapa. Estes símbolos possuem uma exatidão relativamente boa na posição até o ponto em que o centro do símbolo coincide com a localização exata.

Figura 8 – Símbolos: Pictóricos (esq.) e geométricos (dir.). Fonte: Bos (1984).

- Símbolo alfanumérico: este grupo de símbolos são os compostos por letras e/ou números. Quando aplicado á informação pontual, a localização do símbolo letra ou número não é exato. Quando aplicados a áreas, esses não precisam ser exatos, e em grandes áreas eles até se repetem.

Algumas fontes para texto podem ser utilizadas a partir do tamanho 6, por serem legíveis, como é o caso da fonte *Sans Serif*. A utilização de fontes grandes também pode influenciar esteticamente a apresentação do mapa digital, por dominarem a imagem. Por outro lado, a utilização de textos nestes casos torna-se mais fácil porque os textos podem ser visualizados ou não, de acordo com a escala ou tema em questão (ARLETH, 1999).

Associado à questão do projeto cartográfico para visualização cartográfica e tecnologia para visualização de dados do tipo espacial, tem-se a geoinformação e geotecnologia, que permite o acesso às informações representadas, assunto abordado na próxima subseção.

3.3 Geoinformação e geotecnologia

Todos os dados adquiridos (textuais das estatísticas e provenientes do SMM) que serão representados devem ser armazenados em uma estrutura de banco de dados passível de gerenciamento. Para isso, existem os recursos geotecnológicos, ou, geotecnologia.

Quando aplicado ao conjunto organizado de dados, uma sequência lógica de métodos, técnicas e processos, o produto ou resultado são denominados de informação. A informação é de difícil transferência se considerada a fidelidade absoluta. Drucker (1988 *apud* DAVENPORT 2002) define informação como "dados dotados de relevância e propósito".

Tal informação, quando espacializada é a geoinformação. A geoinformação é a união da informação com um atributo geográfico/espacial, ou seja, informação referenciada no espaço geográfico. Por referenciada entende-se a localização, posição ou orientação de feições – particularmente, ruas e rodovias –, assim como de grandezas derivadas, situadas em relação a um sistema de coordenadas. Estando o sistema de coordenadas fixo à Terra, surge o conceito de georreferência.

A distinção básica entre dado geoespacial e informação geoespacial, reside na capacidade de transformação, pois há relação lógica entre os termos. O acréscimo de significado e contexto para um dado geoespacial, através do processamento e análise destes dados, gera informação geoespacial, que comunicada, interpretada e aplicada para uma determinada finalidade, resulta na construção de conhecimento. Dentre os segmentos que se destacam na produção e uso da geoinformação estão: governo, educação, gestão territorial, planejamento urbano e rural, agricultura, gestão ambiental, mineração, entre outros.

Tal informação é proveniente da manipulação e interpretação de dados de SIG. Segundo Câmara et al. (1996), trabalhar com geoinformação significa, antes de tudo, utilizar computadores como instrumentos de representação de dados espacialmente referenciados.

Com essa tecnologia é possível visualizar e analisar os dados de interesse e disponibilizá-los ao usuário com maior eficácia e eficiência, repercutindo positivamente no planejamento, execução e atualização das informações, que cada vez mais, se encontram disponíveis via internet, em tempo real.

A melhor forma de organização, manipulação e leitura de informações são mapas porque localizam os fatos no espaço terrestre, usam linguagens universais e representam tanto dados brutos quanto informações complexas (ORTH, 2008).

Os fenômenos naturais e as intervenções culturais, via de regra, são representados nos mapas. Estes ou já migraram ou estão migrando para bases de dados geográficos digitais. Exemplos de sucesso do emprego da geotecnologia (integração de geoinformação e tecnologias) são os sistemas de alertas que avisam municípios sobre riscos de desastres naturais (deslizamentos, enchentes), com dias de antecedência, evitando maiores danos.

Os sistemas de informação inserem-se na chamada Revolução Tecnológica e apresentam-se como importante geotecnologia para o conjunto de mudanças constantes em que se encontram os setores da nossa sociedade (BARBOSA & ALMEIDA, 2002). Segundo a revista britânica NATURE (2004) as geotecnologias estão entre os três mercados emergentes mais importantes da atualidade, juntamente com a nanotecnologia e a biotecnologia.

A existência e o nível de eficiência da geoinformação dependem direta e indiretamente da disponibilidade de dados geoespaciais, que possam gerar a respectiva geoinformação após uma sequencia de procedimentos de organização e processamento, com assistência de diferentes meios tecnológicos.

Quanto mais eficiente for a organização de dados geoespaciais e mais aperfeiçoada for a metodologia de interpretação e os meios tecnológicos de processamento, mais confiável, produtiva e eficiente será a geoinformação gerada (KARNAUKHOVA, 2003).

3.4 Sistema de Informações Geográficas (SIG)

Com o advento da tecnologia de equipamentos e sistemas computacionais tornou-se possível a difusão do SIG, o que tem levado a sociedade a trabalhar de forma diferente no exercício de suas funcionalidades. Antes, os sistemas de informação tradicionais eram fundamentados no cruzamento de relatórios de dados em forma de gráficos, tabelas e mapas, o que muitas vezes tornava o processo ineficaz. Os SIG, no plural, possuem as ferramentas computacionais fundamentais para o geoprocessamento[2], que permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e criar bancos de dados georreferenciados.

"*Se **onde** é importante para seu negócio, então geoprocessamento é sua ferramenta de trabalho".* Sempre que o **onde** aparece, dentre as questões e problemas que precisam ser

---

[2] Denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica (CÂMARA et al., 1996).

resolvidos por um sistema informatizado, haverá uma oportunidade para considerar a adoção de um SIG (CÂMARA et al., 1996).

De acordo com Meneguette (1998), o SIG é um conjunto digital de elementos, de propósito especial, no qual um sistema de coordenadas espaciais é o meio primário de referência para armazenar e acessar informações, requerendo um dispositivo de entrada dos dados, um sistema de armazenamento e recuperação, um sistema de transformação e análise e um dispositivo de saída.

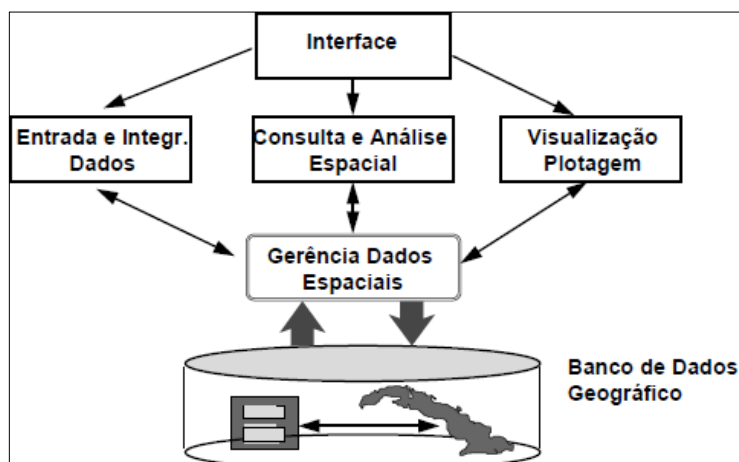



Figura 9 - Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Fonte: Câmara et al. (1996).

É possível observar do esquema acima (Figura 9), que os componentes relacionam-se de forma hierárquica. A *interface homem-máquina* define como o sistema é operado e controlado. No nível intermediário, o sistema deve ter mecanismos de processamento de dados espaciais (*entrada, edição, análise, visualização e saída*). Internamente ao sistema, um banco de dados geográficos armazena e recupera os dados espaciais. Cada sistema, em função de seus objetivos e necessidades, implementa esses componentes de forma distinta, mas todos os subsistemas citados estão presentes num SIG (CÂMARA et al., 1996).

Segundo Antenucci et al. (1991) apud Silva (1998), um dos primeiros projetos que vinculou os resultados de análises com mapas, de forma a facilitar a sua compreensão (praticamente uma versão preliminar dos atuais SIG), foi desenvolvido em Detroit-USA, em 1955. Uma saída gráfica para o programa de computador, através da qual os fluxos resultantes das análises eram representados por linhas de diferentes espessuras.

Coppock & Rhind (1991) *apud* Freitas (1996), classificam os processos evolutivos pelos quais os SIGs passaram no mundo até atingirem o nível de sofisticação existente, no momento, em quatro fases:

- Primeira Fase (1960-1975): Período considerado como "pioneiro", em que os destaques do desenvolvimento da tecnologia ocorreram por esforços pessoais;

- Segunda fase (1975 até início da década de 1980): Destaque para a regularização das experiências práticas e o surgimento de órgãos oficiais nacionais que se comprometeram com o desenvolvimento da tecnologia;
- Terceira fase (até o final da década de 1980): Caracterizada pela competição no setor comercial, reforçando a dinamização do desenvolvimento da tecnologia, e;
- Quarta fase (década de 1990): Usuários começaram a ter conhecimento do potencial dos SIGs, surgindo uma competição entre as empresas desenvolvedoras e fornecedoras de *software*. Outro fato que marcou esse período foi a necessidade de padronização no formato dos dados para que diferentes *softwares* fossem capazes de ler dados de diferentes fontes e formatos. Também é importante citar que houve melhorias consideráveis na capacitação técnica dos usuários e dos equipamentos computacionais.

É possível afirmar a existência de uma quinta fase após o ano 2000, a partir do armazenamento de dados em bancos de dados espaciais/geográficos – destaque para PostgreSQL + PostGIS (*software* livre) e Oracle Spatial (*software* proprietário) – com o armazenamento de dados em servidores, aumentando segurança, e a execução de novos tipos de consultas, relacionamento e integração de bancos de dados (SILVA, 2009).

Um banco de dados é um conjunto de dados persistentes que servem de base para uma aplicação. O termo “persistente" define que estes dados são mantidos em certo repositório para estarem à disposição do usuário da aplicação a qualquer tempo (DATE, 2000).

Um banco de dados é manipulado pelo gerenciamento de seus dados de maneira que ele suporta constante transformação em suas estruturas, hierarquia, relacionamentos, conectividade, etc.

Esses sistemas podem ser considerados sistemas de gerenciamento de informações capazes de: coletar, armazenar e recuperar informações baseadas nas suas localizações espaciais; identificar locais dentro de um ambiente que tenha sido selecionado a partir de determinados critérios; explorar relações entre os dados de um determinado ambiente; analisar os dados espaciais para subsidiar os critérios de formulação de decisões; facilitar a exportação de modelos analíticos capazes de avaliar alternativas de impactos no meio ambiente; exibir e selecionar áreas, tanto graficamente como numericamente, antes e/ou depois de análises.

Os SIGs vêm sendo utilizados pelos mais diversos tipos de usuários, com destaque para as empresas públicas e privadas, centros educacionais, controle de trânsito, segurança pública, saúde, dentre outros. A alimentação dos SIGs pode advir de levantamentos topográficos e geodésicos, plantas, cartas e mapas existentes, fotos aéreas, imagens de satélites, dados estatísticos e tabulares, entre outros (SILVA, 2009).

Do ponto de vista da aplicação, utilizar um SIG implica em escolher as representações computacionais mais adequadas para capturar a semântica de seu domínio de aplicação. Do ponto de vista da tecnologia, desenvolver um SIG significa oferecer o conjunto mais amplo possível de estruturas de dados e algoritmos capazes de representar a grande diversidade de concepções do espaço (CÂMARA et al., 1996).

Para atender às expectativas dos usuários e às demandas da sociedade, os SIGs se apoiam na utilização de ciências tecnológicas, tais como: Ciências da Computação, Gerenciamento de Informações, Cartografia de Base e Cartografia Temática, Geodésia, Fotogrametria, Topografia, Processamento Digital de Imagens, Geografia, Cadastro, Engenharia Civil, Estudos Matemáticos de variação espacial, Ciências do Solo, Geomática, Planejamento Urbano e Rural, Redes de Serviços Utilitários, entre outros (SILVA, 2009).

A estreita relação entre o SIG e a Cartografia tem o propósito de evidenciar as funções comuns de armazenamento e comunicação de informações geográficas. Porém, deve ser enfatizado que, de uma maneira geral, espera-se que um SIG possa oferecer ferramentas para análise e manipulação de dados, bem como oferecer possibilidade de visualização em monitores, tornando os SIGs muito mais versáteis que quaisquer métodos tradicionais cartográficos (SEGANTINE, 2001).

A apresentação correta dos dados de um SIG produz informações de maneira eficiente e eficaz, facilitando a análise do universo em estudo. Não que um SIG vá, por si só, assegurar que as análises serão de melhor qualidade, mas pode permitir um acompanhamento gradual dos passos dessas análises, através de recursos gráficos que facilitam bastante à compreensão, ajudando a manter a correção dos processos (SILVA, 1998).

3.4.1 Modelo de dados

Para utilizar um SIG e tornar sua aplicação eficiente alguns conceitos devem ser transformados em representações computacionais, de linguagem comum a todos os usuários. Ou seja, os dados geográficos do mundo real devem ser relacionados e representados por dados estruturados geometricamente e de maneira alfanumérica.

O processo da modelagem do banco de dados, adotado neste projeto, baseou-se no "paradigma dos quatro universos" (GOMES e VELHO, 1995) para traduzir o mundo real para o ambiente computacional (Figura 10).

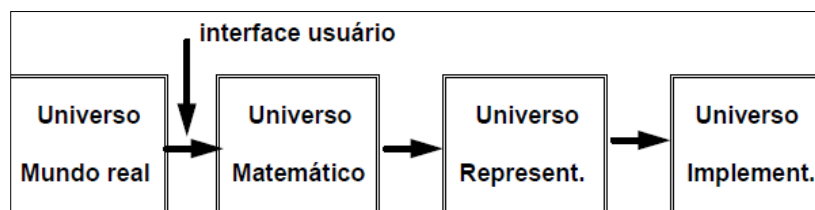



Figura 10 - Paradigma dos quatro universos. Fonte: Câmara et al. (1996).

A figura 11 apresenta o esquema da correspondência entre os quatro universos.

Universo do mundo real	*Universo conceitual*	*Universo de representação*	*Universo de implementação*
Mapa de vegetação	Geo-campo Temático	Matriz de inteiros Subdivisão Planar	Quad-tree Linhas 2D (com R-Tree)
Mapa altimétrico	Geo-campo Numérico	Grade regular Grade triangular Conjunto Pontos 3D Conjunto Isolinhas	Matriz 2D Linhas 2D e Nós 3D Pontos 3D (KD-tree) Linhas 2D
Lotes urbanos	Geo-objetos	Polígonos e Tabela	Linhas 2D e Nós 2D
Rede elétrica	Rede	Grafo Orientado	Linhas 2D (com R-Tree)

Figura 11 - Correspondência entre universos do modelo. Fonte: Câmara et al. (1996).

A interface de usuário de um SIG deve, tanto quanto possível, refletir o universo conceitual e esconder detalhes dos universos de representação e implementação. No nível conceitual, o usuário lida com conceitos mais próximos de sua realidade e minimiza a complexidade envolvida nos diferentes tipos de representação geométrica (SILVA, 2009).

3.4.1.1 Modelo do mundo real

Toda representação geográfica do mundo real, caracterizada pelo SIG, deve ser associada a uma escala de medida e de referência, que descreve o modo de manipulação das variáveis e indica o seu nível e grau de detalhamento, variando de informações qualitativas até informações quantitativas.

De acordo com Stvens *apud* Câmara et al. (1996), quatro escalas de mensuração podem ser propostas: *nominal*, *ordinal*, *intervalo* e *razão*. Os dois primeiros níveis são temáticos, pois a cada medida é atribuído um número ou nome associando a observação a um tema ou classe. Quando o estudo necessita de uma descrição mais detalhada, que permita comparar intervalo e ordem de grandeza entre eventos, recorre-se aos níveis de medidas denominados de *numéricos* (Ver subseção 3.2.1).

3.4.1.2 Modelo conceitual

O espaço geográfico é modelado segundo duas visões complementares: os modelos de *campos* e *objetos* (WORBOYS *apud* CÂMARA et al., 1996). Enquanto o primeiro modelo representa o espaço como superfície contínua consequente de diversos fenômenos, o segundo, o representa como coleção de entidades distintas e identificáveis.

Um modelo é constituído em função das suas classes de dados e das relações entre elas (espacialização, generalização e agregação). As classes devem pertencer à determinada região geográfica. Segundo Câmara et al. (1996), define-se uma *região geográfica R* como uma superfície qualquer pertencente ao espaço geográfico, que pode ser representada num plano ou reticulado, dependente de uma projeção cartográfica.

No Modelo de dados relacional o banco de dados é utilizado para armazenar os atributos convencionais dos objetos geográficos (na forma de tabelas) e arquivos para guardar as representações geométricas destes objetos. No modelo relacional (Figura 12), os dados são organizados na forma de uma tabela onde as linhas correspondem aos dados e as colunas correspondem aos atributos (CÂMARA et al., 1996)**.**

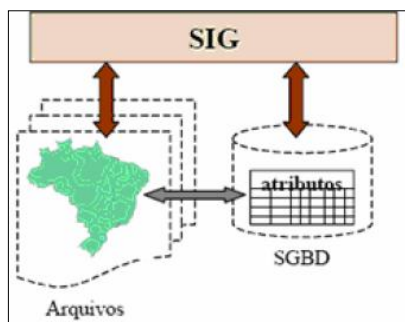



Figura 12 - Modelo relacional. Fonte: Dalcin (2007).

Uma linha consiste de uma lista de valores, um para cada atributo. Esses conjuntos de relacionamentos definem o esquema do banco de dados, que nada mais é que o conjunto de relacionamentos do sistema e suas conexões. As operações primitivas que esse tipo de modelo de dados suporta são as tradicionais operações da teoria dos conjuntos: união, interseção e diferença, juntamente com operações caracteristicamente relacionais: restrições, junção e divisão (LONGLLEY *et. al. apud* OLIVEIRA, 2003).

3.4.1.3 Modelo de representação

Por meio da manipulação das tabelas, (principalmente os tipos de relacionamentos e dados que devem ser armazenadas em cada uma) as representações geométricas associadas,

anteriormente, às classes conceituais são aqui definidas. As duas grandes classes de representações geométricas são: *vetorial* e *matricial*. As classes podem ser espacializadas de acordo com sua hierarquia, conforme as figuras 13 e 14:

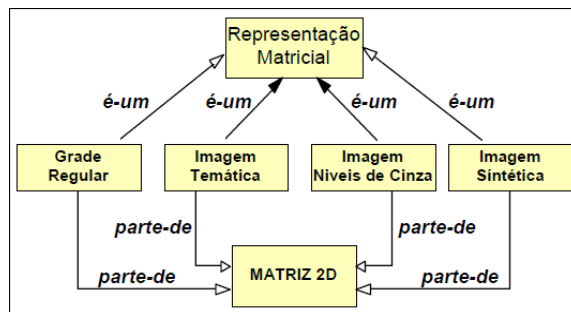



Figura 13 - Hierarquia de classes para representação matricial. Fonte: Câmara et al. (1996).

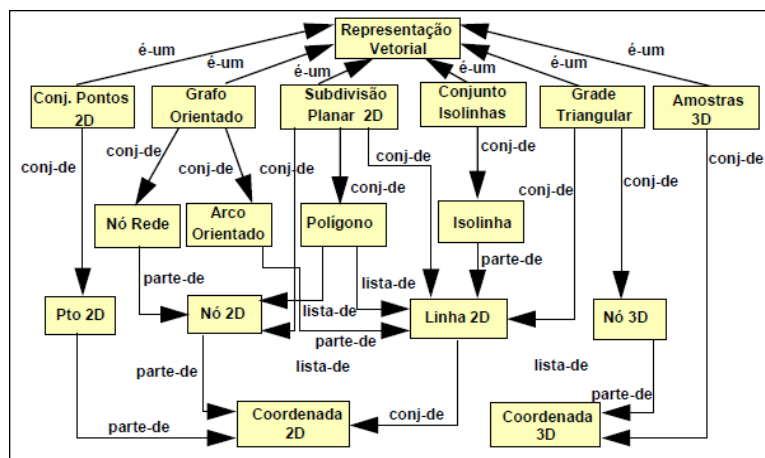



Figura 14 - Hierarquia de classes para representação vetorial. Fonte: Câmara et al. (1996).

3.4.1.4 Modelo de implementação

É a última fase da modelagem do banco de dados. Cabe ao modelo, estruturar os dados de interesse em função de sua aplicação, volume e desempenho. Segundo Câmara et al. (1996), um dos aspectos principais a ser levado em conta, aqui, é o uso de estruturas de indexação espacial. Os métodos de acesso a dados espaciais compõem-se de estruturas de dados e algoritmos de pesquisa e recuperação e representam um componente determinante no sistema.

3.4.2 Tipos de dados

Os tipos de dados presentes no SIG são: temáticos, cadastrais, redes e imagens (CÂMARA et al., 1996). Dados temáticos (Figura 16) são provenientes de levantamento de

campo e representam qualitativamente e/ou quantitativamente a distribuição espacial de determinada grandeza geográfica. Diferente dos temáticos, os cadastrais (Figura 15) possuem atributos e podem ser representados de diversas maneiras de acordo com o mapa.

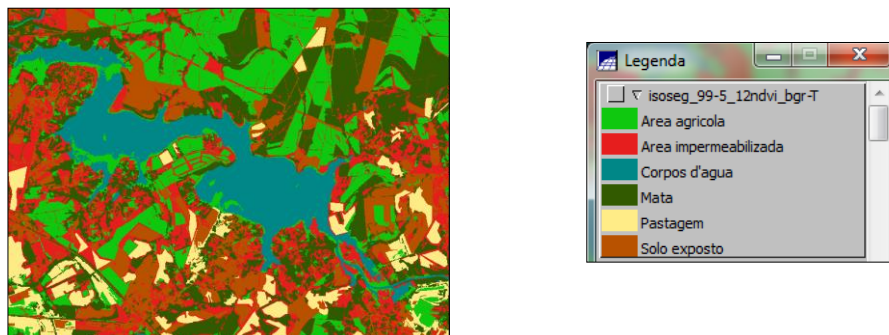



Figura 15 - Mapa temático da cobertura da terra de imagens multiespectrais (bandas 1, 2 e NDVI).

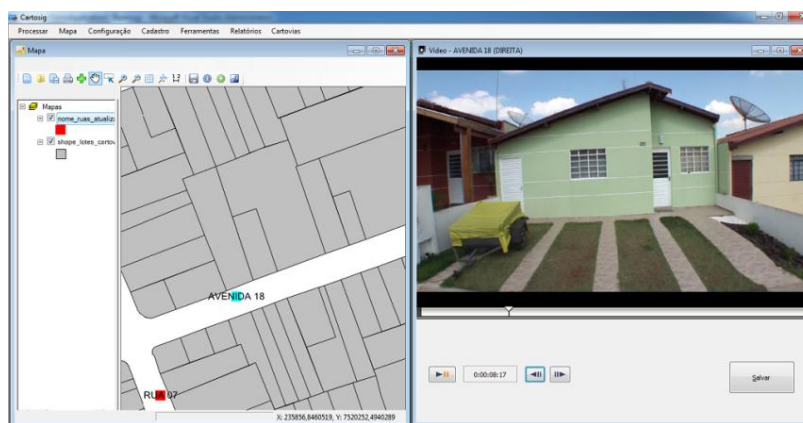



Figura 16: Exemplo de dados cadastrais. Fonte: Cartosig. Disponível em: http://www.cartovias.com.br/cartosig.html. Acesso em: 28/11/2013.

Quanto às redes[3] (Figura 16), cada elemento possui uma *localização geográfica exata* e está sempre associado com atributos descritivos presentes no banco de dados. Para citar um exemplo, uma rede elétrica, entre outros, os componentes postes, transformadores, subestações, linhas de transmissão e chaves. As linhas de transmissão serão representadas topologicamente como os arcos de um grafo orientado, estando as demais informações concentradas em seus nós (CÂMARA et al., 1996).

[3] Em Geoprocessamento, o conceito de "rede" denota as informações associadas a: serviços de utilidade pública, (como água, luz e telefone); redes de drenagem (bacias hidrográficas); rodovias (CÂMARA et al., 1996).

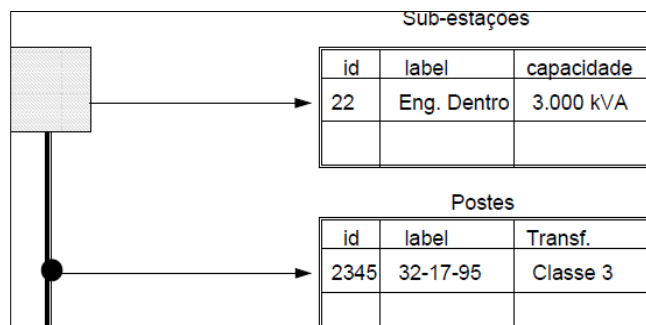



Figura 17 - Elementos de rede. Fonte: Câmara et al. (1996).

Na representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço cabe o emprego do Modelo Numérico de Terreno – MNT (também do tipo rede). Trata-se da representação de uma superfície real – definida com um modelo matemático – a partir de algoritmos, de um conjunto de pontos referenciados que descrevem a variação contínua da superfície.

Por fim, os dados do tipo imagem (Figura 18), representam uma forma de capturar a informação espacial indiretamente. Suas fontes principais são: imagens de satélites, fotografias aéreas, terrestres, *scanners* aerotransportados, estações *scanners*. Esse tipo de processo de aquisição requer técnicas de classificação e fotointerpretação para reconhecer os objetos presentes na cena.

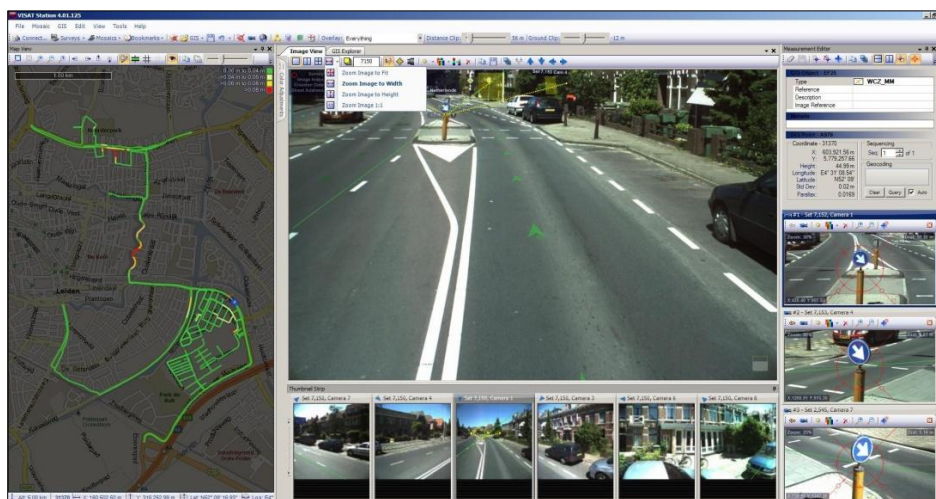



Figura 18 - Exemplo de dados do tipo imagem. Disponível em: **http://www.paradigm.in/geospatial-services/mobile-mapping.php.** Acesso em: 16/10/2013**.**

O quadro 3 descreve a associação entre os tipos de dados e representações apropriadas, na utilização de um SIG.

Quadro 3 - Representação de cada tipo de dado no SIG.

Tipo	Representação
Temático	Matricial e vetorial
Cadastral	Coordenadas vetoriais* e banco de dados**
Rede	Coordenadas vetoriais e banco de dados
MNT	Matricial e vetorial
Imagem	Matricial e vetorial

*Atributo gráfico e **Atributo não gráfico

3.4.3 Linguagem de consulta espacial

Inicialmente os SIGs armazenavam tanto as entidades gráficas quanto aos valores dos atributos[4], não espaciais, em sistemas próprios de arquivos internos. Permitiam ainda que os atributos não-espaciais fossem inseridos no sistema durante, ou imediatamente após, a entrada dos objetos ou entidades gráficas que representavam. Estes procedimentos eram problemáticos quando havia numerosa quantidade de atributos não-espaciais a serem relacionados com os objetos (CÂMARA et al., 1996).

Segundo Câmara et al. (1996), ao longo dos anos, as implementações de SIGs seguiram diferentes arquiteturas, distinguindo-se principalmente pela estratégia adotada para armazenar e recuperar dados espaciais.

A partir do final da década de 1990, tais arquiteturas evoluíram para utilizar, cada vez mais, recursos de Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD). Trata-se de um sistema que funciona independentemente do sistema aplicativo, armazenando os dados em arquivos no disco rígido e carregando-os em memória para sua manipulação.

As linguagens de consulta espacial, segundo Silva (2002), são o canal de comunicação entre o usuário e o banco de dados geográfico, no qual é possível realizar consultas, definições e manipulações nos dados. Este canal é feito por meio de aplicativos, onde o usuário apenas estipula o resultado que deseja obter, e o SGBD realizar a solicitação.

A interface entre o SGBD e a camada de aplicação é uma linguagem padrão para consulta, manipulação e controle de acesso aos dados, sendo que atualmente a linguagem mais utilizada para essa interface é a SQL (*Structured Query Language*) (SILVA, 2009).

Os requisitos importantes na operação de dados no SIG por meio do SGBD, independente dos aplicativos que dão acesso ao mesmo, são:

[4] Entende-se por atributo qualquer informação descritiva (nomes, números, tabelas e textos) relacionada com um único objeto, elemento, entidade gráfica ou um conjunto deles, que caracteriza um dado fenômeno geográfico (CÂMARA et al., 1996).

- Integridade de controle: controle de acesso por vários usuários;
- Eficiência: acesso e modificações de grande volume de dados, e;
- Persistência: manutenção de dados por longo tempo.

Dessa forma, é possível verificar que um SGBD é um conjunto de *softwares* que compõem a camada responsável pelo armazenamento e recuperação dos dados em um Sistema de Informação, cujo objetivo é retirar da camada da aplicação à responsabilidade dessas tarefas, provendo um ambiente mais seguro, mais fácil de manter e confiável (SILVA, 2009).

Dentre os SGBDs mais utilizados está o PostgreSQL. Ele é um SGBD objeto-relacional de código-fonte aberto, desenvolvido a partir do projeto Postgres, iniciado em 1986, na Universidade da Califórnia, em Berkeley, sob a liderança do professor Michael Stonebraker (CASANOVA et al., 2005).

De acordo com Solgate (2005) o PostgreSQL descende deste código original de Berkeley, possuindo o código fonte aberto. Fornece suporte às linguagens SQL92/SQL99, além de outras funcionalidades modernas.

A capacidade de incorporar mecanismos adicionais no mesmo significa recuperar e analisar dados espaciais, tornando o aplicativo mais flexível para gerenciar seus dados em várias aplicações.

O PostGIS é uma extensão/módulo que adiciona entidades geográficas ao PostgreSQL. Nativamente, o PostgreSQL suporta dados geométricos espaciais, porém o PostGIS adiciona a capacidade de armazenamento/recuperação segundo as especificações da SFS (*Simple Features Specification*) do consórcio internacional Open GeoSpatial (OGC) (CASANOVA et al., 2005).

Esta organização da informação espacial é muito conveniente para permitir que diferentes variáveis sejam integradas ao banco de dados e que diferentes tipos de estudo possam ser realizados, combinando tão somente os fenômenos de interesse (CÂMARA et al., 1996).

A capacidade de incorporar mecanismos adicionais no PostgreSQL significa recuperar e analisar dados espaciais, tornando o aplicativo mais flexível para gerenciar seus dados em várias aplicações.

4 MÉTODOS E TÉCNICAS COMPUTACIONAIS

4.1 Integração do SIG com *web*

A possibilidade da incorporação da internet nas soluções SIG foi fundamental para o sucesso de muitas implementações multiusuários, corporativas e de integração institucional, não apenas na colaboração, mas também coprodução e a noção de base de dados repositória central (SANTOS JÚNIOR; RIBEIRO, 2012).

A nova forma de divulgação da geoinformação, a integração do SIG com *web*, culminou na diminuição da distância entre os responsáveis pela disponibilização da informação e os usuários, ou seja, aumentou a acessibilidade e possibilitou a integração dinâmica do usuário com tal informação.

Para isso, é necessário garantir que todos os componentes do SIG sejam manipulados na internet. O processo de expansão de um SIG para acesso pela internet é de certa forma, uma maneira de complementá-lo (DYKES; MACEACHEREN; KRAAK, 2005).

Com o advento dessa tecnologia, as tendências das pesquisas relacionadas à cartografia se direcionaram a desenvolver aplicações voltadas para serviços e programas de mapeamento e SIG. Assim, estabilizou-se a internet na cartografia.

A associação da *web* nas soluções SIG para publicação de geoinformação é conhecida como "SIG-Web", "GeoWeb" ou ainda "Web mapping" e frequentemente é compreendida como sinônimo de cartografia interativa (SANTOS JÚNIOR; RIBEIRO, 2012).

Já está claro que a gestão de segurança viária pode ser favorecida com a integração do SMM, e, que o SIG oferece condições de armazenamento, sistematização e visualização para as informações provenientes do SMM. Assim, a solução é integrada de forma a prover cenários específicos e arquitetar soluções inovadoras.

Especificadamente, neste caso, é possível direcionar a implementação do SIG, a fim de se obter um produto na *web*, de modo que a contribuição para o sistema seja o poder de comunicação e acesso culminando numa ferramenta ainda mais poderosa no âmbito de tomada de decisão.

Geradas as informações a partir desse sistema, é importante estabelecer meios para que elas sejam disponibilizadas aos usuários e sociedade em geral. A *intranet* e a *internet* evoluíram e atualmente contam com uma série de recursos que possibilitam o acesso facilitado a dados e informações (GUERRA, 2007).

Em cartografia existem padrões definidos que possibilitam o acesso a dados geográficos na forma de mapas digitais, os chamados "*web services* cartográficos" (Ministério do Meio Ambiente – MMA).

A grande vantagem dessa tecnologia é a possibilidade de acesso aos dados diretamente do responsável por sua manutenção e atualização. Outra vantagem é o fato de não ser necessário armazenar em um mesmo servidor de arquivos um volume grande de dados. O conceito de interoperabilidade via internet se resume na integração de sistemas e integração de redes; troca de dados entre sistemas e contempla definição de tecnologia. Ou seja, permitir a integração parcial de valores, quando a completa não é possível (GUERRA, 2007).

Tendo em vista a necessidade de integração das plataformas envolvidas na configuração de um ambiente computacional para implementação de uma aplicação *web* e que fazem parte do problema a ser solucionado como proposta do projeto de mestrado, foi imprescindível a formação do embasamento teórico e compreensão do alcance e restrições dos *software*s livres e de código aberto para *web mapping*.

Neste sentido, este subseção aborda o estudo do uso de aplicações de *web mapping*, sua configuração básica, sistemas operacionais e licenciamento para o uso dos *softwares*.

4.1.1 *Web mapping*

A literatura sobre mapas para *web* (MITCHELL, 2005 e PENG; TSOU, 2003) concentra-se principalmente nos aspectos computacionais envolvidos na sua produção, isoladamente em relação ao conhecimento científico da Cartografia.

De acordo com Destro (2007) os *web mapping* podem ser classificados como estáticos ou dinâmicos. Os estáticos apresentam imagens de mapas que foram digitalizadas. A ocorrência desta modalidade é a mais comum. Eles podem ser disponibilizados mais rapidamente que os dinâmicos e não oferecem opções quanto aos tipos de apresentações para o usuário, ou seja, não permitem interatividade. Os formatos de mapas-imagens mais utilizados são GIF, JPEG, PNG. O termo interativo implica em permitir algum tipo de ação por parte do usuário sobre a apresentação do mapa, o que poderá dar-se através da escolha de uma área específica de interesse (“zooming”) ou através da seleção de diferentes níveis de informação (“On/Off”). Para obter-se esta interatividade, faz-se necessário a utilização de um sistema servidor, por exemplo, Apache.

Segundo Marisco (2004), um dos primeiros *web mapping* foi disponibilizado como *Xerox PARC Map Viewew*, desenvolvido pela "*Xerox Corporation Palo Alto Research Center*" para visualizar um mapeamento cartográfico de modo interativo na internet.

Os *web mapping* baseiam-se em hipertextos, onde seus componentes são conectados, o que possibilita remeter-se a outros documentos, assim tem-se uma viagem não sequencial pelos dados. Algumas funções necessárias nos *web mapping* (DESTRO, 2007):

- Objetos sensíveis ao toque no botão do *mouse*;
- Seleção de símbolos nos mapas (simbolização);
- Definição da área de interesse sobre o mapa (*zoom in*);
- Seleção de temas (*layer*) que comporão o mapa (on/off), e;
- Fornecimento de elementos de localização (ex. coordenadas, endereços, atributos, etc.).

A elaboração de um *web mapping* é influenciada por quatro componentes e a aparência dependerá do grau de integração que existirá entre estes componentes. Esta interação se dará através do *web mapping*. Estes componentes, conforme a figura 19 são (KRAAK e BROWN, 2001): o ambiente de concepção do *web mapping*; os usuários; os provedores de dados, e; O conteúdo do *web mapping*.

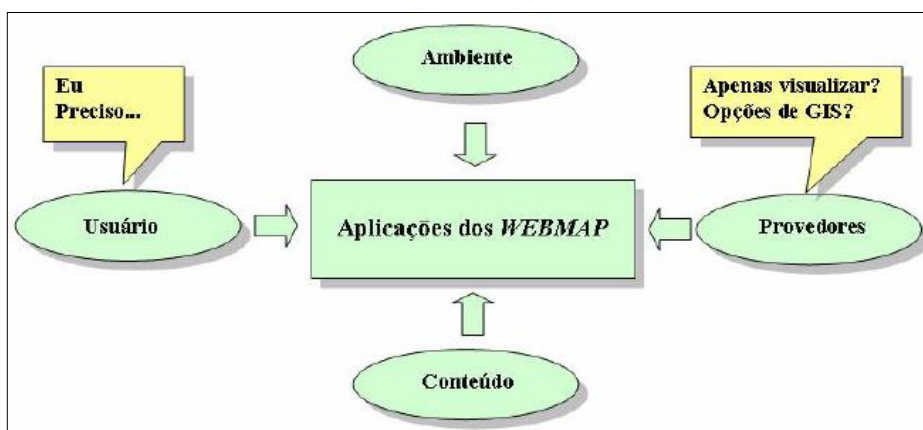



Figura 19 - Os quatro componentes do *web mapping*.
Fonte: Kraak e Brown (2001) *apud* Destro (2007).

4.1.2 Configuração básica de um servidor para *web mapping*

Com o *software*, um computador pode armazenar, processar e recuperar informações, sons, reproduzir vídeos, enviar *email*, pesquisar na Internet e se envolver em muitas outras atividades valiosas para merecer manutenção. Essencialmente o *software* de computador pode ser dividido em dois tipos: programas de sistema, que gerenciam a operação do computador em si, e programas aplicativos, que realizam o trabalho real desejado pelo usuário. O

programa de sistema mais básico é o sistema operacional (TANENBAUM & WOODHULL, 2008). A figura 20 ilustra um esquema de um sistema de computação.

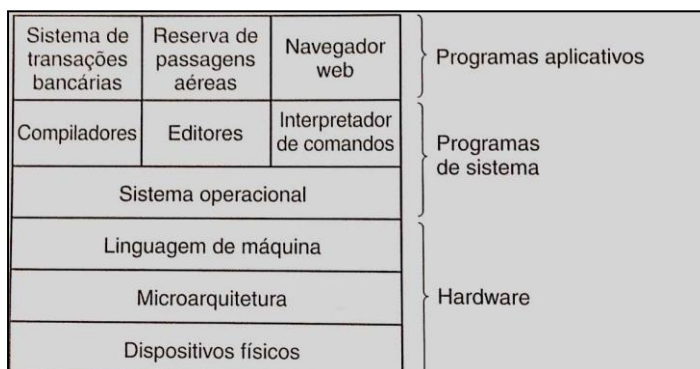



Figura 20 - Um sistema de computação consiste em *hardware*, programas de sistema. e programas aplicativos. Fonte: Tanenbaum & Woodhull (2008).

De maneira simplificada, cabe ao sistema operacional (SO) controlar os recursos do computador e dar suporte ao desenvolvimento de programas aplicativos. No contexto do sistema de computação, o SO aparece no centro. Sob o sistema está o *hardware*. Nele estão inseridos dispositivos físicos – como cabos, fontes de alimentação e circuitos integrados -, nível da microarquitetura, onde se agrupam os dispositivos para formar unidades funcionais – por exemplo, CPU (*Central Processing Unit*), e caminho de dados.

O objetivo do caminho de dados é executar algum conjunto de instruções. [...] Juntos, o *hardware* e as instruções visíveis para um programador de linguagem *assembly* formam o ISA (*Intelligent Software Architecture*). Esse nível é frequentemente chamado de linguagem de máquina (TANENBAUM & WOODHULL, 2008).

Sobre o SO está o restante do *software*, composto pelo interpretador de comandos (*shell*), compiladores, editores e programas independentes de aplicativos.

O sistema operacional é a parte do *software* executada em modo de supervisor (protegido pelo *hardware*) enquanto que os compiladores e editores são executados no modo usuário.

Por fim, no topo da figura, estão os programas aplicativos, que são adquiridos pelo usuário, como por exemplo, planilhas, editores, cálculos.

Mesmo que a posição sua seja explícita, não é fácil definir precisamente SO. Parte disto se deve ao fato de que ele executa duas funções não relacionadas (para ampliação dos recursos de máquina e gerenciamento), que podem se sobrepor.

Por fora, os SOs podem ser vistos por meio da interface do programador. Por dentro, tem-se sua arquitetura. A seguir, são expostos cinco tipos delas, sendo: sistemas monolíticos, sistemas em camadas, exonúcleos, máquinas virtuais e cliente-servidor. As quatro primeiras

serão comentadas. A arquitetura cliente-servidor será mais detalhada por ter sido a utilizada no trabalho.

4.1.2.1 Sistemas monolíticos

Trata-se da organização mais comum, todavia, mais “desestruturada”. Nele, o sistema operacional é escrito como um conjunto de rotinas onde cada uma pode chamar qualquer outra em qualquer momento. Cada rotina que faz uso dessa técnica tem sua interface bem definida (parâmetros e resultados).

Neste modelo, para cada chamada de sistema há uma função de serviço que cuida dela. As funções utilitárias fazem coisas que são necessárias para várias funções de serviço, como buscar dados de programas de usuário.

4.1.2.2 Sistemas em camadas

De maneira simples, o sistema em camadas trata-se de uma generalização da estratégia do Sistema monolítico bem como de sua organização hierárquica.

4.1.2.3 Exonúcleos

De acordo com Engler, Kaashoek e O’Toole (1995) e Leschke (2004) os pesquisadores do M.I.T. (Instituto Tecnológico de Massachusetts-EUA) construíram um sistema que fornece um clone do computador real para cada usuário, mas com um subconjunto dos recursos. Sua tarefa é alocar os recursos para as máquinas virtuais e, então, verificar tentativas de utilizá-los para garantir que nenhuma máquina use recursos pertencentes às outras pessoas.

4.1.2.4 Máquinas virtuais

Neste sistema, o centro, ou máquina virtual é executado no *hardware* básico e realiza a multiprogramação, oferecendo tantas máquinas virtuais quanto forem às camadas superiores seguintes. Ao contrário dos demais sistemas, tais máquinas não são estendidas com arquivos e outros recursos. O que ocorre é uma cópia exata do *hardware* básico, incluindo os modos núcleo e usuário, entrada e saída (E/S), interrupções e o que mais a máquina real contiver.

4.1.2.5 Cliente-servidor

Uma tendência nos sistemas operacionais modernos é levar ainda mais longe essa ideia de mover código para camadas mais altas e remover o máximo possível do sistema operacional deixando um núcleo mínimo, o micro núcleo (*microkernel*). A estratégia normal é implementar a maior parte das funções do sistema operacional em processos de usuário. Para solicitar um serviço, um processo de usuário (agora conhecido como processo cliente) envia uma requisição para um processo servidor, o qual então realiza o trabalho e devolve a resposta (TANENBAUM & WOODHULL, 2008).

No modelo cliente-servidor (Figura 21), cabe ao núcleo gerenciar a interação entre clientes e usuários, ao dividir o sistema operacional em partes. Tais subdivisões, por serem agora executados em modo usuário e não mais em modo núcleo, não têm acesso ao *hardware* diretamente. Este é um ponto relevante no sistema, pois, se ocorre um erro em uma subdivisão, ela não afetará diretamente a máquina toda.

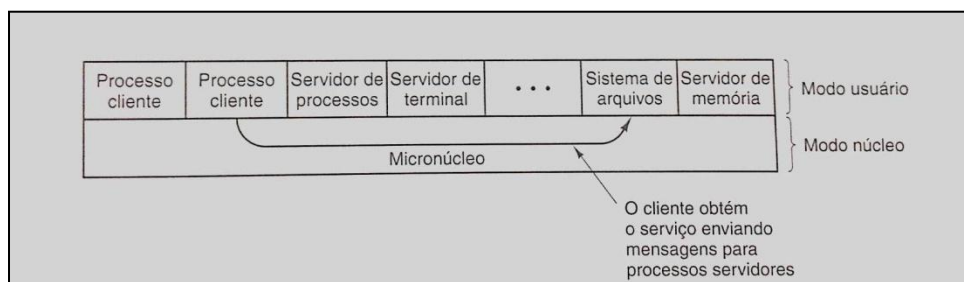



Figura 21 - O modelo cliente-servidor. Fonte: Tanenbaum & Woodhull (2008).

Outra vantagem do modelo é a capacidade de adaptação para uso em sistemas distribuídos. Quando um cliente se comunica com um servidor por meio de mensagem, ele não precisa saber se ela é manipulada de forma local em sua própria máquina ou se foi enviada a um servidor em máquina remota, por meio de uma rede.

4.1.3 Os sistemas operacionais, a internet e a *web*

Os sistemas operacionais têm uma longa história datada da época que o operador foi substituído (primeira geração: 1945-1955) até os modernos sistemas de multiprogramação.

Na quarta geração (1980-hoje), nota-se um considerável crescimento das redes de computadores pessoais executando sistemas operacionais de rede e sistemas operacionais distribuídos (TANENBAUM e VAN STEEN, 2008).

No SO de redes, os usuários sabem que há computadores e podem se conectar a máquinas remotas. Já um SO distribuído aparece para o usuário como um sistema de

processador tradicional, mesmo que possua vários processadores. Os usuários não saberão onde seus programas são executados e nem onde seus arquivos estão localizados, função que cabe ao sistema operacional.

Concomitantemente à quarta geração dos sistemas operacionais, a história da internet – cujas pesquisas iniciaram na década de 60 – ganhava forma decisiva de como hoje é conhecida. A ideia era difundir informação, e, neste contexto, desenvolveu-se um sistema técnico denominado de Protocolo de Internet (*Internet Protocol*) que permitia o tráfego de informações entre redes, que, conectadas pelo endereço IP na internet, comunicavam-se. Além disso, a empresa norte-americana Netscape desenvolveu o protocolo HTTPS (*Hyper Text Transfer Protocal Secure*), que viabilizou o envio de dados criptografados para transações comerciais pela internet.

Com a internet surgiu um novo sentido para o termo *web*, que em inglês significa teia ou rede. O termo passou a designar um sistema de informações ligadas que permite ao usuário acessá-las através da internet, a *World Wide Web* (*www*). Para utilizá-la, é necessário estar conectado à internet e a um navegador (*browser*) onde estão inseridos e onde é possível visualizar as informações disponíveis.

No contexto da *web*, há uma aplicação cliente, à qual é denominada cliente *web*, e uma aplicação servidora, à qual é denominado servidor *web*. A maneira pela qual estas aplicações se comunicam está definida no HTTP (Protocolo de Transferência de Hipertexto), que determina a estrutura das mensagens que são trocadas pelos programas cliente e servidor. A troca de mensagens é a maneira com que estes programas se comunicam, num ciclo de requisições e respostas (VANI, 2011).

De acordo com Kurose e Ross (2006), o cliente *web* é o responsável por enviar ao servidor as mensagens de requisição HTTP. Um navegador de internet, também conhecido como *browser*, é um programa que, além de exibir conteúdos de uma página *web*, implementa o lado cliente *web*, ou seja, envia requisições HTTP a um servidor *web* (Figura 22). Pode-se citar como exemplos de *browsers* o "Mozilla Firefox" e a "Internet Explorer". Já um servidor *web* é o responsável por receber as requisições HTTP do cliente *web* e enviar as mensagens de resposta HTTP. Como exemplo de servidores *web*, pode-se citar o "Apache" e o "*Microsoft Internet Information Server*".

No contexto da *web*, o objeto final destas requisições e respostas são arquivos (comumente, páginas HTML, imagens, dentre outros).

Figura 22 - Arquitetura cliente-servidor. Fonte: Kurose e Ross (2006).

4.1.4 Tipos de licenciamento para uso de *software*s

Destro (2007) apresenta uma descrição das modalidades de relacionamento entre o usuário e as empresas que disponibilizam o *software* através de suas licenças de uso:

- *Software* livre: O *software* livre é um programa de computador como outro *software* proprietário, tem as mesmas finalidades, ou seja, atender uma determinada demanda. O usuário de *software* livre tem garantido, segundo a fundação *software* livre, ou FSF (*Free Software Foundation*), quatro liberdades:

  Liberdade 0: o usuário tem liberdade para executar o programa para qualquer propósito;

  Liberdade 1: o usuário tem a liberdade de estudar como o programa funciona e adaptá-lo para as suas necessidades, pois permite acesso ao código-fonte;

  Liberdade 2: o usuário tem liberdade de redistribuir cópias e permitir sua utilização por novos usuários;

  Liberdade 3: o usuário tem liberdade de aperfeiçoar o programa e liberar seu aperfeiçoamento, de modo que toda a comunidade se beneficie do mesmo.

- *Software* Código Aberto: Nesta categoria o usuário tem acesso ao código-fonte, e é permitido alterá-lo de acordo com suas necessidades. Para compreender a diferença entre o *software* livre e o *software* de código aberto é que este muitas vezes deixa de atender alguma(s) das quatro liberdades do *software* livre. Segundo Uchoa e Ferreira (2004, p.7), outra forma de analisar esta diferença é pensar que "o código aberto faz alusão a uma metodologia de desenvolvimento, enquanto que o *software* livre está relacionado a um movimento social".

- *Software* gratuito: Os programas que se enquadram nesta modalidade de licença, são disponibilizados gratuitamente, porém normalmente não podem ser modificados e não se tem acesso ao código-fonte. É possível em muitos casos que a licença impeça até mesmo sua redistribuição. Os programas desta modalidade também são conhecidos como FreeWare.
- *Software* comercial: Os programas desta modalidade de licença são desenvolvidos por uma ou mais empresas que visam obter lucros. Normalmente estes programas são protegidos, ou através de dispositivos de *hardware*, os denominados *hardlock*, restringindo sua utilização especificamente ao usuário que adquiriu a licença. Estas licenças podem ser válidas por um período de tempo ou por uma quantidade de vezes de execução que o mesmo é utilizado.

4.2 Componentes do WebSIG

Tão relevante quanto garantir o acesso do SIG na internet é alcançar a integração entre os componentes do SIG. O fato de ser uma aplicação na internet, e, portanto, de se utilizarem protocolos padronizados, viabiliza a combinação de vários *softwares* e a troca de dados de elementos da internet.

A atual disponibilidade de *softwares* livres e de código aberto (*Free and Open Source Software*) desafia a comunidade científica da área a investigar soluções que correspondam ou se aproximem das fornecidas pelos sistemas de alto custo e desempenho. Resultado direto desse processo é o amadurecimento dos *softwares* e aumento significativo no número de usuários. A riqueza dessas soluções são bem vindas aos projetos que demandam certa adaptação individualizada e com recursos restringidos.

A escolha dos componentes mais adequados de *softwares* livres e de código aberto para o contexto pode ser feita considerando-se vários requisitos, como a aderência a padrões visando a interoperabilidade, o grau de maturidade do *software* e a disponibilidade de documentação técnica (VANI, 2012).

Tais categorias de *software* incluíram servidor mapas, base de dados geográficos e linguagem de programação. A seguir, cada componente será apresentado de modo mais detalhado.

4.2.1 Servidor de mapas MapServer

Na publicação de mapas na internet (*web mapping*) com uso de *software* livre, há uma imensa quantidade de opções de *software*s, cada qual com características de arquitetura, desenvolvimento e customização particulares. Entre os mais populares, aparece o MapServer (MS), como servidor de mapas.

O estudo do MS apresenta-se concentrado nesta subseção, de acordo com a seguinte ordem: principais características, diferentes modos de funcionamento e pacote MS4W. Depois é apresentado o *framework p.mapper*.

4.2.1.1 Principais características

O MS foi originalmente concebido, em meados da década de 1990, pelo projeto ForNet da Universidade de Minnesota (UMN) em cooperação com o Departamento de Recursos Naturais de Minnesota (MNDNR) e a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) (MEDEIROS, 2011).

O projeto MS está integrado ao painel da *OSGeo* (*Open Source Geospatial Foundation*) e é mantido por dezenas de desenvolvedores no mundo todo. No Brasil, as aplicações MS já aparecem em quantidades consideráveis. Em 2003 foi criado o Grupo MapServer Brasil, que atualmente conta com uma comunidade de mais de 1200 usuários.

Várias aplicações *web mapping* construídas com o MapServer podem ser encontradas no âmbito do governo brasileiro. Exemplos de sucesso dessas aplicações são:

- Atlas da saúde (http://svs.aids.gov.br/svs/atlas)
- Fundação Nacional do Índio (http://mapas2.funai.gov.br/i3geo)
- GeoBahia (http://geobahia.ima.ba.gov.br/)
- MINEROPAR – Minerais do Paraná (http://alturl.com/pnj4m)
- Ministério do Meio Ambiente (http://mapas.mma.gov.br/i3geo)

É importante compreender que o MS não é um *software* para SIG desktop, como o gvSIG, Quantum GIS, *Spring*. Trata-se de um *software* que visa à disponibilização de dados geográficos (na forma de mapas) na internet. Pode ser utilizado como ambiente de desenvolvimento para construção de soluções (neste caso, mapas interativos) e publicação dos mapas.

Por ser um *software* relevante e massificado é importante compreender suas características. Pode se caracterizar um *software* de acordo com a plataforma computacional

utilizada, tipos de propriedades gráficas, tipo de formatos de dados de entrada e saída e, por fim, funcionalidade (MENDONÇA, 2011).

- *Plataforma computacional utilizada:* As plataformas computacionais para as quais o MS pode ser usado para o desenvolvimento de aplicações *Web* incluem Windows, Linux e Mac OS. Logo, fica clara sua compatibilidade com vários sistemas operacionais.
- *Tipos de propriedades gráficas:* Quanto às descrições das propriedades gráficas de uma aplicação com MS, geralmente são inseridos nos chamados *mapfiles*, que são arquivos de texto, de extensão .map ou formato XML.
- *Tipo de formatos de dados de entrada:* Esta característica remete ao MS uma vantagem: compatibilidade com os tipos de formatos de dados geográficos mais utilizados:
  - Dados vetoriais: Shapefile, ArcSDE, Oracle Spatial, PostGIS, MySQL e formatos compatíveis com a biblioteca OGR.
  - Dados matriciais: TIFF/GeoTIFF, JPEG, GIF, PNG, EPPL7 e formatos compatíveis com a biblioteca GDAL.
- *Tipo de formatos de dados de saída:* Quanto aos formatos de saída de dados, são inúmeros os tipos que o MS pode gerar mapas, sendo os mais utilizados o JPEG, GIF, SWF, PDF, PNG, SVG, DXF.
- *Funcionalidade:* De acordo com Medeiros (2011) são muitas as funcionalidades do MS:

> "Possibilitando indexação espacial para *shapefiles*, opções variadas para operação de seleção de objetos; suporte a fontes TrueType, construção de elementos cartográficos como legenda, barra de escala (os objetos são desenhados de acordo com a escala), mapa de referência, além de permitir a customização de controles de navegação, uso de rótulos, mapas temáticos a partir de diferentes métodos, reprojeção de dados em tempo de execução, e um fator fundamental: compatibilidade com os padrões do *Open Geospatial Consortium* (OGC) como o WMS e WFS."

De acordo com Destro (2007):

- WMS (*Web Map Sevice*): define quatro protocolos (*GetCapabilities, GetMap, GetFeatureInfo e DescribeLayer*) que permitem a leitura de múltiplas camadas de informações (temas), formadas por dados vetoriais e/ou matriciais. Este serviço permite somente consulta aos dados, sendo todo o processo da renderização do mapa executado no servidor. Com isso, o usuário recebe uma mensagem correspondente à visualização

do mapa, de acordo com os temas solicitados. Um fator importante deste serviço é que permite acesso aos dados originais, os quais são preservados e impossibilitados de serem utilizados para outro propósito.

- WFS (*Web Features Service*): define a forma de acesso (inserção, atualização, exclusão e análise) às feições através do ambiente *web*. Isto permite aos usuários, efetuar a manutenção da base de dados remotamente. Estes acessos ocorrem entre clientes e servidores e são baseadas no formato GML (*Geography Markup Language*).
- *Modos de funcionamento:* Existem três maneiras do MS funcionar: *Common Gateway Interface* (CGI), *WebServices* e *MapScript*. No modo CGI, o arquivo executável do MS é colocado em um diretório referente ao servidor *web*, e, recebe os parâmetros (formulário) para iniciar uma aplicação. Quanto ao modo *WebServices*, os dados são disponibilizados conforme os padrões OGC e podem ser acessados via SIG, como ArGIS, gvSIG, Quantum GIS, dentre outros.

Por fim, o modo *MapScript*. Ele é passível de criação de aplicações mais robustas e customizadas, além de integrar-se ao uso de linguagens de programação.

Um detalhe especial neste ponto é que embora o MapServer seja escrito de forma nativa na linguagem C, o *MapScript* está disponível para acesso por linguagens populares como o PHP, C#, Perl, Python, Ruby, Java e TCL (MEDEIROS, 2011).

4.2.1.2 Pacote MS4W

Para facilitar a instalação do MS em um servidor Windows, a Maptools (http://www.maptools.org/) criou o pacote MS4W. Com ele todos os níveis de usuários podem instalar rápido e fácil um ambiente de trabalho para o desenvolvimento de aplicações *web mapping* no *Windows*.

Como características positivas no seu uso, além de simples, instalam-se junto ao MS o PHP, Apache e bibliotecas Proj4, GDAL e OGR, e tudo, pré-configurado.

De acordo com Medeiros (2012), o MapServer não interpreta diretamente dados geográficos. Isto só é possível através da configuração do *mapfile*, que é um arquivo onde são definidas todas as características contidas num *shapefile* ou outro tipo de dado geoespacial (inclusive banco de dados) para que o servidor de mapas possa interpretar o conteúdo. Além do *mapfile*, existem outros arquivos executáveis (*.**exe**, no SO *Windows*) que possuem uma função própria.

4.2.2 Framework

Um *framework* é um conjunto de classes que constitui um projeto abstrato para a solução de uma família de problemas (FAYAD; SCHIMIDT; JOHNSON, 1999a e JOHNSON & FOOTE, 1988 *apud* CORTÊS, 2001).

Para Johson (1991) e Gamma et al. (1995), *framework* é um conjunto de objetos que colaboram com o objetivo de atender a um conjunto de responsabilidades para uma aplicação específica ou domínio de aplicação.

De acordo com Mattson (2000) *framework* é uma arquitetura desenvolvida com o objetivo de atingir a máxima reutilização, representada como um conjunto de classes abstratas e concretas, com grande potencial de espacialização. Já de acordo com Buschamann *et al*. (1996), Pree (1995) e Pinto (2000) um *framework* é definido como um *software* parcialmente completo projetado para ser instanciado.

Para Adriano (2000) trata-se de um esqueleto de uma aplicação pré-desenvolvida que pode ser personalizada para novas aplicações. A função do *framework* é reunir diversas funcionalidades dentro de uma linguagem de programação e ser disponibilizada para desenvolvedores de modo que os mesmos possam partir de um patamar para uma implementação melhor organizada.

Do ponto de vista prático, um *framework* é uma semi aplicação flexível e extensível para permitir a elaboração de partes complementares específicas das aplicações (FREITAS, 2007).

Apesar de existirem diferentes maneiras de interpretar e definir *framework* ressalta-se que elas não são contraditórias, podendo em alguns casos, até serem complementares. A grande vantagem desta abordagem é a promoção de reuso de código e projeto, que pode diminuir o tempo e o esforço exigidos na produção de *software* (SILVA, 2000). Para atingir uma eficácia e eficiência, devem-se adequar os códigos e algumas configurações do *software*.

O uso de um *framework* apresenta algumas vantagens: modularidade, pois permite encapsular implementações flexíveis em uma interface estável; reuso, uma vez que define elementos genéricos que podem ser reaproveitados; e extensibilidade, pois provê métodos que possibilitam às aplicações estenderem suas interfaces. Por outro lado, isso requer do desenvolvedor um conhecimento mais profundo no domínio abordado, pois manter a flexibilidade e ao mesmo tempo permitir a eficiência das aplicações exige bastante atenção na construção do *framework* (FREITAS, 2007).

De acordo com Côrtes (2001) as interfaces estáveis fornecidas pelos *frameworks* aumentam a reusabilidade, definindo componentes genéricos que podem ser reutilizados para

criar novas aplicações. A reusabilidade do *framework* alavanca o conhecimento do domínio e o esforço anterior dos desenvolvedores, a fim de evitar recriação e revalidação de soluções comuns, recorrendo aos requisitos da aplicação e aos desafios do projeto do *software*. Um *framework* aumenta a extensibilidade fornecendo métodos “ganchos” (*hook*) explícitos, que permitem que as aplicações estendam suas interfaces estáveis. Métodos *hooks* desacoplam, sistematicamente, as interfaces estáveis e os comportamentos de um domínio de aplicação, em um contexto particular. A extensibilidade do *framework* é essencial para assegurar customização adequada de serviços e características para a nova aplicação.

Apesar dos benefícios decorrentes do uso de *frameworks* é preciso cautela no desenvolvimento de *frameworks* e de aplicações que usem os *frameworks*.

Dentre eles, o esforço de desenvolvimento, imposto aos projetistas de *frameworks*, a curva de aprendizagem, a integração e a eficiência, que afetam principalmente os desenvolvedores de aplicação, a manutenção e validação e remoção de defeitos, que afetam tanto desenvolvedores de aplicação quanto mantenedores de *frameworks* e o desafio da falta de padrões que afetam a todos envolvidos no desenvolvimento e uso de *frameworks* (FREITAS, 2007).

4.2.2.1 Classificação

A princípio se podem classificar os *frameworks* como: de aplicação orientado a objetos (FAYAD; SCHIMIDT; JOHNSON, 1999a, 1999b; FAYAD & JOHNSON, 2000 *apud* CORTÊS, 2001) e de componentes (SZYPERSKI, 1997).

Segundo Fayad, Schimidt e Johnson (1999b), *frameworks* de aplicação são classificados quanto ao seu escopo em *frameworks* de infraestrutura de sistemas, *frameworks* de integração de *middleware* e *frameworks* de aplicações corporativas.

Frameworks de infraestrutura e de integração de *middleware* fornecerem mecanismos para integrar componentes distribuídos e tratar aspectos de infraestrutura. Estes *frameworks* tratam aspectos comuns a diversos domínios de aplicação de forma que quase sempre são encontradas soluções disponíveis no mercado e na maior parte das vezes é mais vantajoso buscar uma solução existente do que desenvolvê-la internamente (CÔRTES, 2001).

Frameworks de aplicações corporativas são voltados para um domínio de aplicação específico, como por exemplo, os domínios da aviação, telecomunicações e financeiro. São mais caros de serem desenvolvidos ou comprados quando comparados com os de integração de *middleware* e de infraestrutura, pois são necessários especialistas do domínio de aplicação

para construí-lo. Entretanto, eles podem prover um retorno substancial já que eles encapsulam o conhecimento sobre o domínio onde a instituição atua (FAYAD *et al*., 1999b).

Segundo Szyperski (1997), um *framework* de componentes é uma entidade de *software* que provê suporte a componentes que seguem um determinando modelo e possibilita que instâncias (uso) destes componentes sejam plugadas no *framework* de componentes. Ele estabelece as condições necessárias para um componente ser executado e regula a interação entre as instâncias destes componentes. Um *framework* de componente pode ser único na aplicação, criando uma ilha de componentes ao seu redor, ou pode cooperar com outros componentes ou *frameworks* de componentes.

A principal diferença entre *frameworks* de aplicação orientado a objetos e *framework* de componentes é que, enquanto *frameworks* de aplicações definem uma solução inacabada que gera uma família de aplicações, um *framework* de componentes estabelece um contrato para "plugar" componentes (CÔRTES, 2001).

Além da classificação descrita há quanto a forma de estendê-los como *frameworks* caixa branca, ou *white box*, (PREE, 1995) e *frameworks* caixa preta, ou *black Box*. Sobre os do primeiro tipo, exigem do desenvolvedor um nível alto de conhecimento sobre a estrutura do *framework* interna e normalmente são mais difíceis de usar. Já os *frameworks* caixa preta não exigem tanto esse conhecimento, todavia, são menos flexíveis. Há ainda *frameworks* caixa cinza, ou *gray box*, que mesclam as características dos dois tipos, na tentativa de evitar suas desvantagens.

4.2.2.2 O framework p.mapper

No caso do MapServer, os *frameworks* são úteis na otimização do tempo do desenvolvimento da interface da aplicação para publicação de mapas na internet. De acordo com Medeiros (2011), entre os aplicativos mais utilizados em conjunto com o MS tem-se o *p.mapper* (www.pmapper.net) e o brasileiro i3Geo (Interface Integrada para Internet de Ferramentas de Geoprocessamento), este disponível no portal do *Software* Público Brasileiro – SPB (www.*software*publico.gov.br).

Moretti (2011) relata que o i3GEO surgiu da necessidade de fornecer uma alternativa aos órgãos de meio ambiente (Federais, Estaduais e Municipais) para a construção de mapas interativos na *web*. Em um contexto mais amplo, tratava-se na época da implantação do SINIMA – Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente.

O *framework p.mapper* é uma ferramenta de rápido desenvolvimento de soluções SIG-*WEB* que utiliza o servidor de mapas MapServer (PMAPPER, 2009).

Segundo Silva (2009) o *p.mapper* é um *software* livre que reúne em sua arquitetura a organização de um código-fonte em linguagens de programação PHP, *JavaScript* e Map*Script* que possibilita a configuração de forma organizada e que pode ser personalizada com facilidade. Os principais recursos desta ferramenta são:

- Recursos de Zoom e Pan implementados através de DHTML (DOM);
- Compatibilidade com os principais navegadores *web* (*browsers*): Internet Explorer, Google Chome, Mozila/Firefox, Netscape, Opera;
- Ferramentas de zoom e pan também acessíveis via teclado, botão de rolamento do mouse e mapa de referência (mini mapa);
- Funções de consulta do banco de dados (identificação, seleção e pesquisa);
- Listagem de consultas do banco de dados com junções de tabelas e *hyperlinks*;
- Funcionalidades de impressão: HTML (*HyperText Markup Language*) e PDF (*Portable Document Format*);
- Funções para cálculo de áreas de distâncias;
- *Download* de mapas (imagens em várias resoluções e formatos).

4.2.2.4 Aplicações

O processo de desenvolvimento das aplicações via *framework* consiste basicamente em três etapas: Análise do domínio, *Framework* e Aplicações (Figura 23).

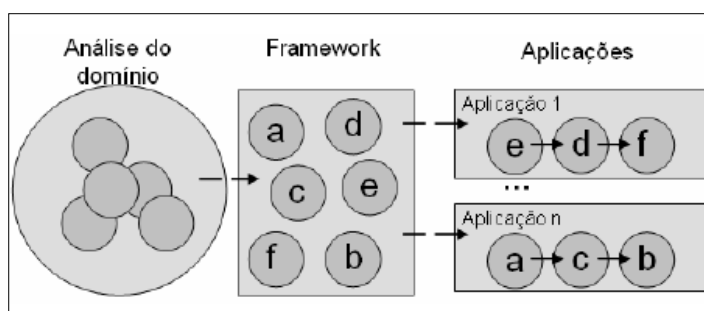



Figura 23 - Desenvolvimento baseado em framework. Fonte: Freitas (2007)**.**

Na Análise do domínio o problema é analisado e toma-se conhecimento do seu domínio. No *design* do *framework*, uma arquitetura é constituída de elementos básicos necessários às aplicações mais comuns e que podem ser estendidos às mais específicas. Nas aplicações têm-se os elementos compostos em função da necessidade de cada aplicação.

São inúmeros os exemplos de aplicações de *framework*. Especificadamente, quanto às do *framework p.mapper*, na página http://pmapper.net/gallery.shtml há uma lista disponível para consulta onde as aplicações estão agrupadas nos temas: África, Europa, América do Norte e América do Sul.

Até o término deste trabalho os dois exemplos referentes à África encontraram-se desabilitados. Sobre as aplicações na Europa, a maioria remete à Itália, seguida da Espanha e Inglaterra. O exemplo a seguir apresenta o risco hidrológico na cartografia para cidade de Piazza Armerina, Itália (Figura 24).

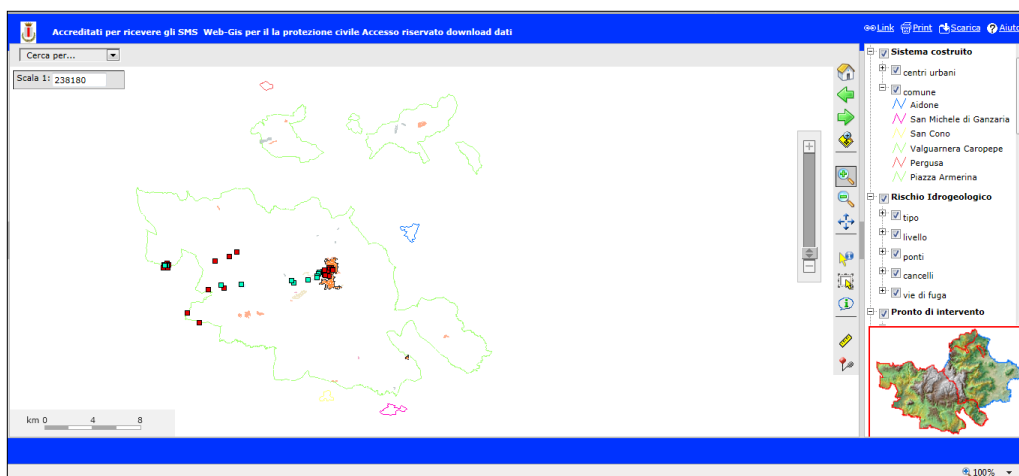



Figura 24 - Exemplo de aplicação com *pmapper* na Itália.

O mapa da região aparece no centro da tela e também no canto inferior direito, como referência. Logo acima, aparece a interface de seleção de *layers* onde é possível ativar e desativar as categorias de interesse, no caso, visualização da cultura, 3D da região, hidrografia, etc.

Como exemplo de aplicação na América do Norte, tem-se a visualização do Centro de Recursos Mexicano e ortofotos georreferenciadas da mesma região (Figura 25).

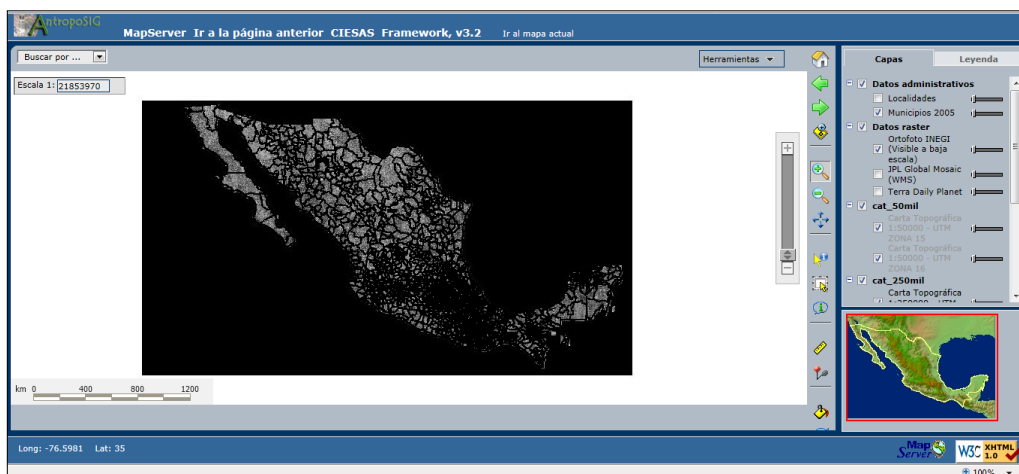



Figura 25 - Exemplo de aplicação com *pmapper* no México.

A estrutura da aplicação segue o mesmo padrão da anterior. Dois aspectos interessantes divergem da anterior (Figura 26):

- A interface de seleção tem duas abas, uma com as camadas de categorias (imagens e informações) e a outra com a legenda correspondente a camada que estiver ativada, e;
- Na camada de categorias é possível modificar a transparência das ativadas. Este pode ser um ponto interessante, na análise das imagens, porém, fica mais demorado para carregá-la.

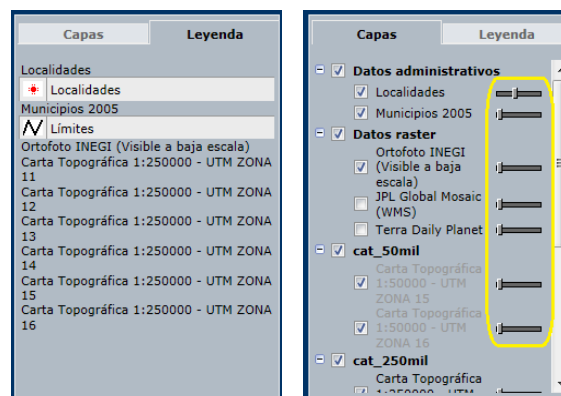



Figura 26 - Camadas ativadas: Legenda (esq.) e alteração na saturação da imagem ativada (dir.).

Como exemplo de aplicação do *framework p.mapper* na América do Sul, analisou-se o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Brasil, pelo *link*: http://siagas.cprm.gov.br/layout/visualizar_mapa.php (Figura 27).

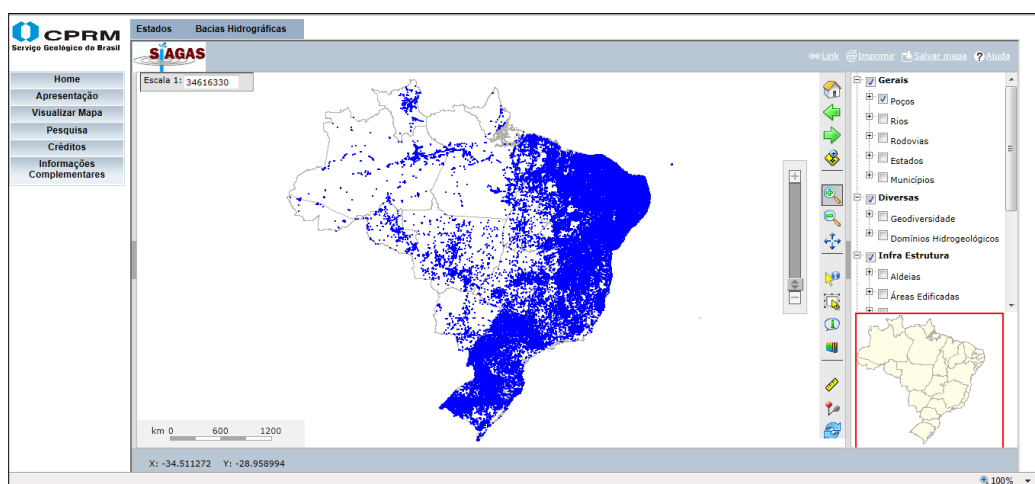



Figura 27 - Exemplo de aplicação com *pmapper* no Brasil.

A estrutura da interface novamente se assemelha as anteriores. Existe apenas a aba de camadas de categorias, como no primeiro exemplo e as informações das coordenadas cartesianas, como visto no segundo exemplo. Há ainda, uma opção diferente de camadas no

canto superior esquerdo, onde se pode escolher por estado ou bacia hidrográfica (Figura 28) que se deseja visualizar.

Figura 28 – Camadas: Opção de escolha por estado (esq.) e por bacia hidrográfica (dir.).

Diante do levantamento de algumas aplicações com *framework p.mapper*, pode-se notar que há incidência delas em vários continentes e com diversos objetivos (por exemplo, visualização de recursos ambientais, administrativos, dentre outros). Nota-se também, que as ferramentas e disponibilização das camadas e interface tende a seguir o padrão pré-definido pelo *framework*. A vantagem disto é a familiarização do usuário para com aplicações que utilizam esse *framework*, porém é preciso ficar atento para a escolha da interface no contexto de cada aplicação.

4.2.3 Banco de dados PostgreSQL com extensão PostGIS

O segundo componente do WebSIG é o banco de dados geográficos. Neste projeto, optou-se pelo SGBD PostgreSQL com extensão espacial PostGIS. Ambos já foram conceituados (subseção 3.4.3) e a integração no WebSIG/SV será descrita na subseção 5.5.

4.2.4 Linguagens de *scripting*

O último componente a ser abordado é a linguagem *scripting*. Trata-se de uma linguagem de programação usada para manipular, personalizar e automatizar as funcionalidades de um sistema existente. Neles, as funcionalidades já se encontram disponíveis por meio de uma interface de usuário e a linguagem de *script* provê um mecanismo para acessá-las. Dessa forma, o sistema existente oferece um ambiente de hospedagem para objetos e funcionalidades que complementa os recursos da linguagem de *script*. A linguagem de *script* destina-se a programadores profissionais e não profissionais (SILVA, 2010).

Segundo Tomaz (2001), com o advento da *www* as funcionalidades dos compiladores passaram a ser utilizadas nas páginas da Internet através das linguagens de *script*. As linguagens de *script* representam uma forma totalmente nova de se programar se comparadas com as linguagens de alto nível tradicionais. Nestas linguagens é assumida a existência de um conjunto de componentes já desenvolvidos em outras linguagens, de forma que o objetivo delas passa ser o de combinar estes componentes e não o de desenvolver programas partindo de estruturas de dados elementares.

Ao comparar as linguagens de *script* e tradicionais, o desempenho desta é superior. Todavia, as de *script*s vêm se popularizando em função da baixa complexidade de aprendizado. Elas são eficientes para criar aplicações. Poucas linhas de código são necessárias para realizar uma tarefa.

Nunes (1999) descreve que esta facilidade é justificada por não necessitar de muito formalismo para escrever um programa. Para desenvolver um *script* não é necessário ser um especialista em computação. Este fato explica o crescimento acelerado de utilização e também da criação de novas linguagens de *script*.

De acordo com Tomaz (2001) existem duas categorias de *script*s utilizadas em documentos *www*: *server-side* e *client-side*. Os *script*s *client-side* são interpretados pelo *browser*, que precisa ter suporte a linguagem usada. Os *scripts server-side* são interpretados por um mecanismo anexado ao servidor HTTP. Esse mecanismo pode ser um interpretador que utilize a especificação CGI ou ISA DLL (*Instruction Set Architecture*).

Como os *scripts server-side* rodam no servidor, este faz todo o processamento e, na verdade, o que chega ao usuário são páginas HTML (*HyperText Markup Language*). A partir disso, pode-se chegar à conclusão que estes tipos de *script*s são independentes dos *browsers* e que o código fonte não é visto pelo usuário solicitante da URL (*Uniform Resource Locator*). Atualmente as tecnologias que utilizam linguagens de *script server-side* mais conhecidas são o Active Server Pages (ASP), PHP, Cold Fusion e Meta-HTML.

A linguagem de marcação HTML destina-se a estruturar uma página *web*, não devendo ser empregada para adicionar estilos (CSS) ou apresentação visual aos elementos que constituem a página (*JavaScript*).

Não há como fazer funcionar um formulário HTML com o uso de elementos HTML. A HTML limita-se a criar os rótulos e campos de um formulário para serem preenchidos pelo usuário e nada mais. Com HTML, não conseguimos processar os dados nem mesmo enviá-los ao servidor ou a outra máquina qualquer. Para cumprir essas tarefas, é necessário utilizar um programa que consiga manipular e processar os dados (SILVA, 2010).

Como exemplo de linguagens de programação destinadas a adicionar e processar dados em páginas *web* têm-se PHP, Java, Phyton e ColdFusion.

De acordo com Silva (2010) as linguagens de programação como as citadas anteriormente foram desenvolvidas para rodar no lado do servidor (*server-side*), isto é, dependem de uma máquina remota onde estão hospedadas as funcionalidades capazes de interpretar e fazer funcionar os programas.

Diferente destas, o *JavaScript* foi desenvolvido para rodar no lado do cliente (*client-side*). De maneira geral, há um interpretador hospedado no navegador que dá suporte à interpretação e funcionamento das funcionalidades no navegador do usuário. Assim sendo, fica subentendido que o termo *JavaScript* se refere à interpretação pelo navegador.

Em tese, precisa-se apenas de um navegador para fazer funcionar *script*s desenvolvidos com a linguagem *JavaScript*. Ao contrário, programas escritos em PHP, por exemplo, precisam ser hospedados em um servidor remoto configurado para rodar PHP ou visualizados localmente em uma máquina na qual tenha sido instalado um servidor local com suporte para PHP (SILVA, 2010).

A diferença básica entre um texto normal digitado num editor qualquer e um HTML são as marcações chamadas *tags*. Essas marcações são identificadas através de um sinal de menor que (<), seguido de um texto que indica um comando e finalizados com o sinal de maior que (>). Outra característica de alguns tipos de *tags* é definir atributos que identificam propriedades dentro das *tags* (TOMAZ, 2001).

4.2.4.1 PHP

PHP, que significa "*Hypertext Preprocessor*" é uma linguagem de programação de ampla utilização, interpretada, que é especialmente interessante para desenvolvimento para a *Web* e pode ser mesclada dentro do código HTML (PHP, 2013).

O código PHP é delimitado por *tags* iniciais e finais que permite modificar o *status* para dentro ou fora do "modo PHP". A grande vantagem está na simplicidade para iniciantes e grande quantidade de recursos para um programador profissional.

Segundo Lima e Lezana (2005), para testar *scripts* PHP é necessário um servidor com suporte a esta tecnologia. Normalmente, o mais utilizado é o Apache. Qualquer editor de textos pode ser usado para escrever *scripts* PHP (por exemplo, bloco de notas).

Para criação de um *script* deve-se digitar o código-fonte no editor e salvar dentro do diretório raiz do servidor. Para acessar a página, abre-se o *browser* e digita-se o nome do

domínio seguido do nome da pasta com extensão .php salva. Fato relevante é observar o código-fonte da página e notar que os comandos PHP não aparecem porque o servidor interpreta todos os *scripts* antes de enviar a página ao *browser*.

Isto evidencia que esta linguagem é interpretada no lado servidor da aplicação (*server-side*), e, que o uso dos seus recursos remete à criação de páginas *web* através de técnicas avançadas de programação.

Além da possibilidade de realizar as mesmas tarefas que outro programa CGI pode executar, dentre as quais: coletar dados de formulários, gerar páginas com conteúdo dinâmico, etc.

Diante disto, os maiores campos onde os *scripts* PHP podem ser utilizados, são (LIMA; LEZANA, 2005): *script* no lado do servidor; *script* de linha de comando, e; escrevendo aplicações GUI.

O PHP pode ser utilizado em grande parte dos sistemas operacionais: Microsoft Windows, Linux, Mac OS X, dentre outros. Quanto aos atuais servidores *web*, o PHP também é suportado pela maioria, incluindo Apache, Microsoft Internet Server e outros.

Com isso, presume-se que o usuário pode optar tanto pela escolha quanto combinação do sistema operacional e servidor *web* do seu interesse. Além disso, pode-se utilizar tanto a programação estrutural, orientada a objeto ou combinação das duas.

O PHP é útil em recursos de processamento de texto, interpretador e transformador para documentos XML (LIMA; LEZANA, 2005).

Em PHP, cada linha de comando é terminada com ponto-e-vírgula. As *tags* que identificam um *script* PHP num HTML são: marcador de início (<?PHP) e marcador de fechamento (?>). As variáveis no PHP são representadas por um cifrão ($) seguido pelo nome da variável. Os nomes de variáveis fazem distinção entre maiúsculas e minúsculas. O PHP suporta os seguintes tipos de variáveis: números de ponto flutuante, matrizes, inteiros, ponteiros, objetos e strings. O tipo da variável geralmente não é definido pelo programador; em vez disso, é decidido em tempo de execução pelo PHP, dependendo do contexto no qual a variável é usada (TOMAZ, 2001).

Quanto às estruturas de comando, são construídas por blocos de comandos. Este, que pode ser uma atribuição, chamada de função, *loop*, comando condicional, entre outros. Alguns dos comandos de fluxo de controle mais comuns são (Quadro 4):

Quadro 4 - Comandos PHP. Fonte: Adaptado de Tomaz (2001).

Comando	Descrição	Exemplo de sintaxe

If	Sua construção permite a execução condicional de fragmentos de código.	`if ($hora < 12)`
		`echo "Bom dia" ;`
		`else if ($hora > 12) Then`
		`echo "Boa noite" ;`

While	Maneira simples de gerar um *loop* em PHP.	`while ($numero < 100)` `numero = numero + 1;`
For	Laço mais complexo. Suas expressões permitem declarar variáveis, criar uma expressão condicional e atribuir valores às variáveis.	`for ($i = 0; $i<100; $i++)` `echo $i;`
Foreach	Maneira simples de percorrer matrizes.	`foreach (array $value)` `statement`

Switch	Semelhante ao *if. P*or meio de uma variável, definem-se caminhos condicionais para sequencia e execução do programa.	`switch ($var) {`
		`case 0: echo "zero"; break;`
		`case 1: echo "um"; break;`
		`}`

Uma característica significativa do PHP é seu suporte a uma ampla variedade de banco de dados. PHP tem suporte nativo aos seguintes bancos de dados: Adabas, Oracle, InterBase, PostgreSQL, FilePro (read-only), mSQL, Solid, MS-SQL, Sybase, IBM DB2, MySQL e Informix (TOMAZ, 2001).

4.2.4.2 *JavaScript*

JavaScript foi criada pela Netscape em parceria com a Sun Microsystems, com a finalidade de fornecer um meio de adicionar interatividade a uma página *web*. A primeira versão, denominada *JavaScript* 1.0, foi lançada em 1995 e implementada em março de 1996 no navegador Netscape Navigator 2.0 quando o mercado era dominado pela Netscape (SILVA, 2010).

A missão principal do *JavaScript* é implementar funções que integram à paginas HTML, considerando que o código *JavaScript* executa no navegador, o comando é executado rapidamente. Dessa forma o *JavaScript* adiciona funcionalidades que o HTML por si só não é capaz.

Por ser uma linguagem que a maioria dos navegadores suporta, o *JavaScript* tem se tornado cada vez mais popular e útil.

JavaScript é uma linguagem de *scripting* utilizada para incrementar aplicações *web*. Assim como em PHP, seu código pode ser embutido em páginas HTML. A principal diferença está no modo de funcionamento: enquanto PHP é interpretada no lado servidor,

JavaScript é executada no lado cliente (*client-side*), sendo então interpretada por navegadores de internet.

Com seu uso, é possível a obtenção de características mais dinâmicas às páginas, tais como: ações por movimentos do mouse, navegação entre janelas personalizadas, efeitos visuais, dentre outras opções. A biblioteca jQuery é construída na linguagem *JavaScript*, e adiciona mais recursos de dinamismo no lado cliente de uma aplicação *web*. (VANI, 2011).

De acordo com Cesta (2009) muita gente confunde Java com *JavaScript*. As duas linguagens são semelhantes na sintaxe, mas diferem no sistema de tipos, orientação a objetos e outros aspectos. *JavaScript* tem sido combinada com sucesso com Java e *dynamic* HTML resultando em aplicações dinâmicas conhecidas como "*AJAX enabled applications*".

Para Santos e Silva (2010), *JavaScript* é completamente diferente do Java. Mesmo que os dois sejam utilizados para criar páginas *Web* evoluídas e usem o mesmo termo "Java", estas duas ferramentas não possuem nenhuma relação, Java *Script* depende do HTML para rodar, já o Java é totalmente independente.

Java *Script*:

- Código integrado na página HTML.
- Código interpretado pelo *browser* no momento da execução.
- Códigos de programação simples, mas para aplicações limitadas.
- Permite acessar os objetos do *browser*.
- Confidencialidade do código é nulo (Código é visível por ser *client-side*).

Java:

- Módulo (*applet*) distinto da página HTML.
- O código é compilado antes da sua execução.
- Linguagem de programação muito mais complexa e mais poderosa.
- Não tem acesso aos objetos do *browse*r.
- Segurança (Código compilado e é *server-side*).

Com *JavaScript* podem-se criar efeitos especiais nas páginas e definir interatividades com o usuário. O navegador do cliente é o encarregado de interpretar as instruções *JavaScript* e executá-las para realizar estes efeitos e interatividades, de modo que o maior recurso, e talvez o único, com que conta esta linguagem é o próprio navegador.

O código de *JavaScript* não é compilado, e deve ser colocado em código fonte, junto com os comandos da linguagem HTML. Esta é uma linguagem com muitas possibilidades, e permite a programação de pequenos *script*s.

Java *Script* é aplicado para criar formulários e pequenos efeitos em páginas da *Web*. Esta linguagem interage com o usuário, e permite ao programador criar conteúdos dinâmicos e elementos da página que tenham movimento, mudam de cor ou qualquer outro dinamismo.

Por fim, sobre os conceitos de *JavaScript*, jQuery é uma biblioteca *JavaScript* criada por John Resig e disponibilizada como *software* livre e aberto. Ela destina-se a adicionar atividade e dinamismo às páginas *web* (SILVA, 2010).

4.2.5 A importância das interfaces e interação nos *web mappings*

O termo interface é aplicado normalmente àquilo que interliga dois sistemas. Segundo Souza *et al*. (2002), considera-se que a interface homem-máquina é uma parte de um artefato, que permite o usuário controlar e avaliar o funcionamento do sistema, através de dispositivos sensíveis às suas ações e capazes de estimular sua percepção.

No processo de interação usuário-sistema a interface é o combinado de *software* e *hardware* necessário para viabilizar e facilitar os processos de comunicação, sendo que os componentes de *hardware* compreendem os dispositivos com os quais o usuário realiza as atividades motoras e perceptivas, por exemplo, a tela, o teclado e o *mouse*. O *software* de interface é uma parte do sistema que programa os processos computacionais necessários as seguintes tarefas: controle dos dispositivos de *hardware*; construção dos dispositivos virtuais com os quais o usuário também pode interagir, geração dos diversos símbolos e mensagens que representam as informações do sistema e; interpretação dos comandos dos usuários. A interação é um processo que engloba as ações do usuário sobre a interface de um sistema, e suas interpretações sobre as respostas relevadas por esta interface (FURLANETTI, 2005).

As interfaces interativas para a visualização cartográfica devem permitir que o usuário possa realizar algumas tarefas básicas, como por exemplo: mudança de escala, mudança do nível de generalização da informação, deslocamento, acesso aos atributos e manipulação de parâmetros de representação (cor e textura) (MENDONÇA, 2009).

Deve ficar claro que o “Projeto de interface” é uma das etapas envolvidas na elaboração de um projeto voltado para a visualização cartográfica (ver subseção 3.2).

O avanço apresentado pela visualização cartográfica consiste em oferecer ao cartógrafo um ferramental para que este torne o mapa interativo e/ou dinâmico; nesse sentido não é mais necessário que ele tenha uma mensagem exata para transmitir, mas uma ideia que será estruturada na aplicação obedecendo a uma arquitetura de informação que permita ao usuário atingir a visualização da informação (RAMOS, 2005).

No contexto de projeto de interface, numa pesquisa realizada no *Google*, em 6 de março de 2007, para a palavra *web mapping* o resultado foi de 989.000 ocorrências. Supondo-se que aproximadamente 1% destes endereços seja referente à apresentação de mapas, têm-se aproximadamente 10.000 endereços. Para esta infinidade de endereços que disponibilizam *web mapping*, pode-se detectar também, uma infinidade de diferentes *layouts* para estes *web mappings* (Figura 29), comumente utilizados para apresentar temas similares (DESTRO, 2007).

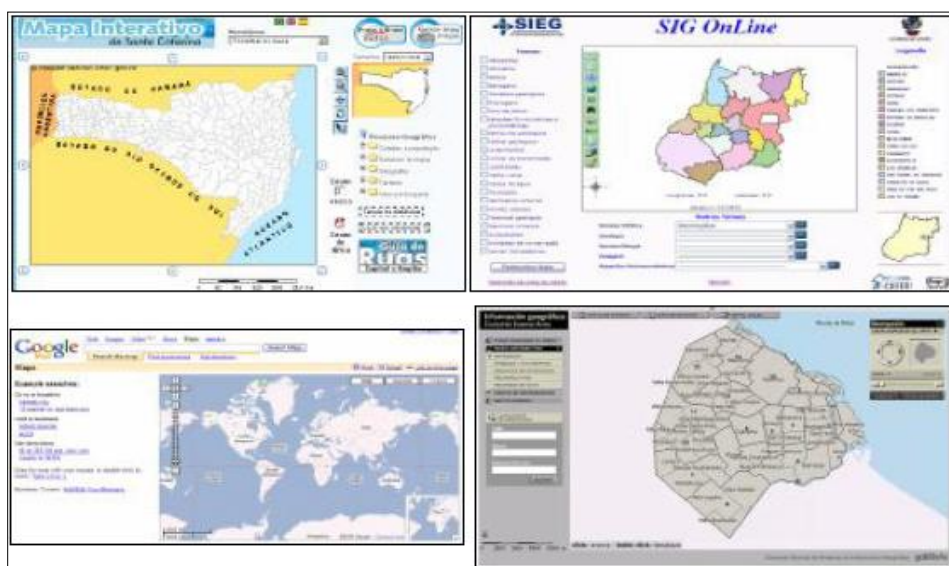



Figura 29 - Exemplos de layout para *web mapping*. Fonte: Destro (2007).

Cartwright et al. (2001) sugere que as interfaces para representações computacionais de dados geográficos por natureza ou de representações espaciais de fenômenos não-geográficos incorrem na necessidade de um conjunto de diretrizes diferenciado dos projetos de interfaces gráficas em geral, bem como das representações cartográficas tradicionais. Pode-se explicar esta necessidade pelo fato de que, neste tipo de representação cartográfica, o usuário necessita lidar com o processo de interpretação dos símbolos cartográficos e com o manuseio das ferramentas de interatividade da interface concomitantemente.

Existem diversas opiniões a respeito do que é um bom projeto de interfaces para produtos cartográficos para a *web*. Em geral, porém, deseja-se que o mapa transmita determinadas informações e para tal considera-se que a interface do mapa para *web* pode assumir vários dos princípios que norteiam a teoria de projeto cartográfico para mapas tradicionais (MENDONÇA, 2009).

Neste sentido quando se trabalha com um projeto cartográfico voltado para a visualização devem-se considerar os conceitos do projeto cartográfico acrescidos das funcionalidades inerentes ao meio digital (FURLANETTI, 2005).

Uma pesquisa desenvolvida por Destro (2007) apresenta uma comparação entre *web mapping*s quanto aos temas, ferramentas de interação e valor da área útil do monitor.

Na análise sobre os temas disponibilizados, constatou-se que 9 aparecem na maioria dos *web mapping*: ortofoto, relevo, hidrografia, bairro, vias, logradouro, quadra, lote e edificação. Quanto às ferramentas totalizaram 7: ampliar/reduzir, transladar, atributos, calcular distância, buscar, imprimir e escala gráfica. Por fim, sobre a distribuição do uso do monitor, tem-se que, na maioria das vezes, todo o espaço é preenchido e que grande parte cabe aos mapas e pequenas porções aos temas e botões.

A área do monitor destinado aos nomes dos temas é aproximadamente 15% do total, sendo que em 60% dos *web mapping*, esta porcentagem é maior. Para a área destinada às ferramentas, constatou-se que representava 7% da área total e que 80% das aplicações consultadas utilizaram uma área menor que esta. A maioria das soluções apresentou uma grande área destinada ao mapa. Destacaram-se 2 casos, o primeiro onde o mapa ocupou 72% da área do monitor e outro onde somente 22% da área do monitor foi aproveitada.

Sobre os tipos de aplicativos utilizados, listaram-se: ArcIMS, MapServer, GeoSmart Inc. e Java/PHP. Dentre os quais, o MapServer apareceu em 70% das aplicações, evidenciando a predominância daqueles classificados como "*software* livre".

Propõe-se por fim, a subdivisão do monitor em cinco áreas:

- Área 1: identificada como "**Temas que compõe o mapa**", nela são relacionados os temas que compõe o *web mapping*, onde a representação destes pode ser habilitada ou não pelo usuário, a qual ocupa 19% da área total do monitor.
- Área 2: identificada como "**Apresentação do Mapa Principal**", é designada a apresentação do mapa propriamente dito, formado pelos temas selecionados pelo usuário e ocupa 63% da área total do monitor.
- Área 3: identificada como "**Visão Geral**", tem-se um esquema de toda área mapeada. Sobre ela tem-se um polígono correspondente à porção do mapa apresentado na "**Área 2**", a qual ocupa 3% da área total do monitor.
- Área 4: identificada como "**Atributos**", é designado à apresentação dos atributos, ou seja, informações complementares dos elementos identificados e ocupa 12% da área.
- Área 5: identificada como "**Ferramentas**", é designado à apresentação das ferramentas para interação, a qual ocupa 3% da área total do monitor.

Os percentuais sugeridos devem ser encarados como valores meramente indicativos, onde o que deve preponderar em cada projeto de *web mapping* é a busca pela maximização da área destinada à apresentação do mapa principal (DESTRO, 2007).

A seguir, a figura 30 sintetiza a proposta da subdivisão.

Figura 30 - Proposta de *layout* para *web mapping*. Fonte: Destro (2007).

Por fim, de acordo com Taylor (1994) Já que os usuários também podem produzir mapas, não é o suficiente que a visualização cartográfica ofereça as ferramentas que permitam escolher aleatoriamente as formas e cores dos símbolos cartográficos. Pelo contrário, o processo de visualização cartográfica deve ser disponibilizado para que o usuário possa produzir mapas temáticos de acordo com os princípios das Ciências Cartográficas.

Com isso, encerra-se este Capítulo, que tratou dos conceitos dos métodos e técnicas computacionais que foram utilizados no desenvolvimento do WebSIG/SV, que será tratado no capítulo a seguir.

5 DESENVOLVIMENTO DO WEBSIG/SV

O desenvolvimento do WebSIG/SV compreende, de maneira geral, a aplicação de toda teoria vista nos capítulos anteriores. As etapas aqui abordadas são: concepção; aquisição de dados; projeto de símbolos e interface; integração do ambiente para disponibilização na internet, e; desenvolvimento dos Módulos de interface de navegação e de dados.

5.1 Concepção

Na concepção ou modelagem do WebSIG/SV optou-se pelo de modelo de dados relacional, mantido desde o início do projeto e disponível no SGBD escolhido. As operações primitivas que esse tipo de modelo de dados suporta são as tradicionais operações da teoria dos conjuntos: união, interseção e diferença, juntamente com operações relacionais: restrições, junção e divisão (OLIVEIRA, 2003).

Segundo Elmasri e Navathe (2004), um modelo de dados pode ser definido como um conjunto de conceitos, usados para descrever a estrutura e as operações em um banco de dados. É fundamental a elaboração de um modelo de dados que especifique as entidades espaciais e seus relacionamentos, para que o sistema possa ser desenvolvido de acordo com suas necessidades.

A partir desse preceito e dos tipos de informações necessárias na caracterização dos acidentes, objeto de estudo deste projeto, foi possível a representação do modelo conceitual do WebSIG/SV (Figura 31) com 19 tabelas sendo 10 principais. Ferraz (2008) classifica os acidentes de acordo com o local, o momento, as características dos veículos, as pessoas envolvidas e as vítimas, o tipo e estado do pavimento e as condições ambientais. Para melhor visualização, a figura 31 encontra-se, em tamanho adequado, no APÊNDICE A.

Figura 31 - Modelo de dados relacional WebSIG/SV.

A descrição das principais tabelas é apresentada a seguir:

- *acidente* (tabela que contém as ocorrências georreferenciadas). Campo geométrico: tipo *geometry*, com acidentes ocorridos, georreferenciados. Campos alfanuméricos: com/sem vítima, total. Comunicação com as tabelas: *pontos criticos*, *perimetrourbano*, *vitimas*;
- *perimetrourbano*. Campo geométrico: tipo *geometry*, com os limites dos municípios do estado georreferenciados. Comunicação com as tabelas *vitimas* e *colisao*;
- *tipo de acidente:* comunicação com as tabelas *pontoscriticos* e *colisao*;
- *vitimas:* comunicação com as tabelas *pontoscriticos* e *tipo de vitimas*;
- *tipo de vitimas:* comunicação com as tabelas *perimetrourbano, colisao, dias da semana, tipo de vitimas*;
- *colisão:* comunicação com as tabelas *perimetrourbano e tipo de vitimas;*
- *pontos críticos:* comunicação com a tabela *tipo de acidente*;
- *veículos:* comunicação com a tabela *colisao;*
- *kmxhorario:* comunicação com a tabela *dias da semana*, e;
- *dias da semana:* comunicação com a tabela *kmxhorario.*

5.1.1 Área geográfica

A partir definição da área se delimita a representação dos elementos e fenômenos espaciais, assim como o público alvo e os objetivos. Com isso, fica viável caracterizar o onde, quem e o que do mapa.

A localização da área objeto de estudo desta dissertação compreende o trecho da rodovia estadual Raposo Tavares (SP-270), entre os quilômetros 493 + 340 m (Limite municipal de Rancharia-SP) e 592 + 670 m (Limite municipal de Presidente Bernardes-SP). Do quilômetro 493 + 340 m ao quilômetro 541 + 500 m tem-se pista simples com duas mãos de direção e duas faixas de trânsito, com algumas faixas adicionais onde há aclives com inclinação superior a 7%. Do quilômetro 541 + 500 m ao quilômetro 592 + 680 m tem-se pista dupla com mão única de direção e duas faixas de trânsito em cada sentido.

A rodovia Raposo Tavares é uma rodovia radial, no sentido Leste/Oeste, que demanda da capital para o interior, a mais ou menos 270 graus (Figura 32). Ela pertence ao conjunto das 10 principais rodovias macro metropolitanas – vias que articulam as viagens externas a RMSP (Região Metropolitana de São Paulo) – sendo: Anhanguera, Bandeirantes, Castelo Branco, Raposo Tavares, Regis Bittencourt, Anchieta, Imigrantes, Ayrton Senna, Dutra e Fernão Dias (CONSÓRCIO JPG - PRIME, 2010).

Figura 32 - Ilustração do trecho da rodovia Raposo Tavares.
Adaptado de: http://www.fc.unesp.br/localizacao. Acesso em: 27/12/2013.

A infraestrutura da rede de transportes do Estado de São Paulo revela um quadro, embora desigual, extremamente positivo. São Paulo possui uma extensa rede rodoviária, e não há município paulista que não se encontre ligado a uma rodovia pavimentada. Em direção ao oeste do estado, as rodovias interligam as maiores cidades do interior. Destacam-se as rodovias que ligam ao norte do Paraná, respectivamente, às Regiões de Franca e Ribeirão Preto. Essas vias unem importantes centros regionais, como São José do Rio Preto e Presidente Prudente, Marília e Assis (SEADE, 2004).

5.1.2 Definição do público alvo

Para definir o público alvo pode-se realizar a análise da demanda, que, busca traçar o meio de representação, as condições de utilização, nível de entendimento dos mapas e do assunto (FURLANETTI, 2005). Algumas questões foram definidas para orientar a escolha.

- Como os usuários tem acesso aos dados de acidentes rodoviários?
- Quais os tipos de dados de acidentes rodoviários estão disponíveis para a população?
- Há demanda por algum tipo de informação representada no mapa da malha rodoviária?

O público alvo definido para esta investigação foi o geral, autoridades interessadas, condutores ou não, que queiram saber alguma informação sobre a situação dos índices de acidente na rodovia, e que, utilizam a internet como fonte de informação. A análise não se ateve a questões particulares do perfil do usuário, como sexo, idade, escolaridade ou profissão, visto que se deseja transmitir a informação como meio de disseminá-la para a sociedade e alertar sobre a situação da segurança da rodovia.

Para desenvolvê-la optou-se por realizar três levantamentos de dados e informações. O primeiro colaborou na definição do tipo de fonte de dados de acidentes utilizada pela sociedade brasileira. O segundo tratou da identificação dessas fontes quando disponíveis na internet. Com o terceiro e último, foi possível identificar, como os dados de natureza espacial eram tratados e como o usuário se comportava diante dele. As três são relatadas a seguir.

5.1.2.1 Levantamento 1

Apesar dos números de mortes nos acidentes de trânsito já serem alarmantes, acredita-se que haja cerca de 40% a 60% de sub-registros embutidos nestes números. Assim sendo, calcula-se que apenas 75% dos óbitos são cobertos. A recomendação internacional é de que se faça um monitoramento de 30 dias dos acidentados (HOFFMANN, 2005).

Segundo o Ministério dos Transportes (2004), os números de acidentes de trânsito apresentados são ainda imprecisos, baseados em estatísticas internacionais, e, ainda que se considere a precariedade do processo de registro, coleta e tratamento de dados, as estatísticas oficiais mostram um expressivo número de mortes em acidentes de trânsito no país.

O Brasil continua não se dando conta exatamente de quantos morrem ou ficam inválidos após a ocorrência dos acidentes, e, depois das vítimas removidas para os hospitais, quanto isto significa em custos econômicos, ou como quantificar esses custos em valores monetários. Existem dados localizados, mas não para o país todo (MT, 2004).

Até o último ano considerado no estudo (2013), as fontes de dados que compõem as informações públicas sobre acidentes de trânsito no Brasil são: DATASUS[5] – Banco de dados do Sistema Único de Saúde/SP; Seguros DPVAT[6] - Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Via Terrestre ou por sua Carga a Pessoas Transportadas ou Não e DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (Figura 33) ou DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DIRETORIA DE INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA
COORDENAÇÃO GERAL DE OPERAÇÕES RODOVIÁRIAS

MINISTÉRIO DA JUSTIÇA
DEPARTAMENTO DE POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL
COORDENAÇÃO GERAL DE OPERAÇÕES
COORDENAÇÃO DE CONTROLE OPERACIONAL

ACIDENTES POR QUILÔMETRO (RESUMIDO)

UF: SP BR-101 — Período de 01/01/2010 00:00:00 a 30/06/2010 23:59:00

Local Km.0: DIV RJ/SP

KM. 0 - AMBOS OS SENTIDOS

Km	Uso do Solo	Hora	Data	Tipo do Acidente	Gravidade	Feridos	Mortos
0	RURAL	16:15	16/04/2010 sex	Abalroamento no mesmo sentido	Com Ferido	1	0
Total de acidentes: 1	S/vítimas: **0**	C/ferido: **1**	C/morto: **0**	n.inf: **0**	**Total de vítimas**	**1**	**0**

KM. 4 - AMBOS OS SENTIDOS

Km	Uso do Solo	Hora	Data	Tipo do Acidente	Gravidade	Feridos	Mortos
4,0	URBANO	14:45	10/01/2010 dom	Choque com objeto fixo	Com Ferido	1	0
Total de acidentes: 1	S/vítimas: **0**	C/ferido: **1**	C/morto: **0**	n.inf: **0**	**Total de vítimas**	**1**	**0**

KM. 18 - AMBOS OS SENTIDOS

Km	Uso do Solo	Hora	Data	Tipo do Acidente	Gravidade	Feridos	Mortos
18,0	RURAL	06:10	29/05/2010 sáb	Saída de pista	Sem Vítima	0	0
Total de acidentes: 1	S/vítimas: **1**	C/ferido: **0**	C/morto: **0**	n.inf: **0**	**Total de vítimas**	**0**	**0**

KM. 21 - AMBOS OS SENTIDOS

Km	Uso do Solo	Hora	Data	Tipo do Acidente	Gravidade	Feridos	Mortos
21,0	RURAL	21:00	09/02/2010 ter	Outros tipos	Com Ferido	1	0
Total de acidentes: 1	S/vítimas: **0**	C/ferido: **1**	C/morto: **0**	n.inf: **0**	**Total de vítimas**	**1**	**0**

Figura 33 - Trecho do relatório "Acidentes por quilômetro (resumido)" disponibilizado pelo DNIT. Disponível em: www.dnit.gov.br. Acesso em: 24/10/2012.

O Ministério da Saúde, por meio do DATASUS, organiza estatísticas de óbitos decorrentes de acidentes de trânsito via documentação do SUS – Sistema Único de Saúde. É uma fonte de dados relevante, por ser a única a disponibilizar a quantidade de mortes por município.

A Seguradora Líder dos Consórcios do Seguro DPVAT, um seguro obrigatório, instituído em 1974, tem como objetivo, amparar as vítimas de acidentes com veículos. A instituição que administra o DPVAT divulga a quantidade de seguros pagos por mortes no trânsito anualmente, por região e segundo o perfil das vítimas (CNM, 2009).

Os dados do DPVAT correspondem às indenizações pagas nos casos de morte, invalidez permanente e reembolso de despesas médicas. Os valores publicados pelo DENATRAN são obtidos por meio do somatório dos dados de cadastramento oriundos do DETRAN (Departamento Estadual de Trânsito) de cada estado (BASTOS, 2011).

---

[5] Mais informações podem ser encontradas na página: www.datasus.gov.br/
[6] Mais informações podem ser encontradas na página: http://www.dpvatseguro.com.br/

É importante ressaltar que se trata de bases com tipos de estatísticas diferentes, e, que se forem tomadas como fontes, e não houver uma integração correta entre elas, pode-se espelhar um contexto nacional distorcido e distante da realidade. Portanto, os dados necessitam de um tratamento adequado.

Dentre as diversas possibilidades de tratamento, destaca-se aqui a natureza espacial dos acidentes. Em função dela, os dados desse tipo podem ser tratados por um sistema que permita a ligação de seus atributos (tipo de acidente, hora, local, vítimas, etc.) com os dados espaciais.

Dot (1990) alerta que volume crescente de informações relativas às redes viárias tem exigido sistemas cada vez mais eficientes de processamento dos dados, particularmente daqueles que se distribuem espacialmente.

5.1.2.2 Levantamento 2

Nesta pesquisa foram levantados alguns exemplos de *web mappings* para a visualização de dados de rodovias, desenvolvidos no Brasil. Em cada exemplo foram levados em consideração os seguintes parâmetros: *software*, descrição da interface – ou ferramentas – e conteúdo.

Tal pesquisa foi realizada no decorrer do ano de 2013, não sendo levadas em consideração atualizações que por ventura ocorreram desde então. Cabe ressaltar também que foram encontrados vários serviços disponíveis para visualização de mapas de rodovias e atlas, todavia não foram inclusos já que se tratava de arquivos com uma base cartográfica (no formato .pdf) e não, *web mapping*.

Web Rotas – DER

O Departamento de Estrada de Rodagens do Estado de São Paulo (DER-SP) possui um sistema *online* para facilitar a viagem dos motoristas que trafegam por todo o território paulista, o “*Web* Rotas” (DER, 2013):

- <u>*Software*:</u> o “*Web* Rotas” é constituído por páginas no formato HTML e informação apresentada por meio de *links*.
- <u>Descrição da interface:</u> a interface do *Web* Rotas possui uma única camada de dados espaciais, com base cartográfica do estado de São Paulo. Quanto às ferramentas, encontram-se: pesquisa, controle, legenda, croqui, zoom, arrastar, régua, apagar, imprimir, ajuda, escala gráfica e câmeras *online*. Há também, sob o mapa, pesquisa por tipo de municípios, rodovias, marcos quilométrico e distâncias e rotas entre cidades.

- Conteúdo: É possível traçar uma rota entre as cidades desejadas, ver a quilometragem correspondente e o tempo estimado de viagem. O próprio "*Web* Rotas" traça o melhor caminho para se chegar ao destino desejado, indicando os acessos onde os motoristas devem entrar; a quilometragem de cada estrada acessada durante a viagem e a localização dos pedágios. O motorista também pode obter diversos tipos de informações sobre a estrada que deseja utilizar, como a configuração da pista (simples ou duplicada) ou as cidades que ela corta (DER, 2013). A figura 34 ilustra um exemplo de consulta da região oeste do estado de São Paulo.

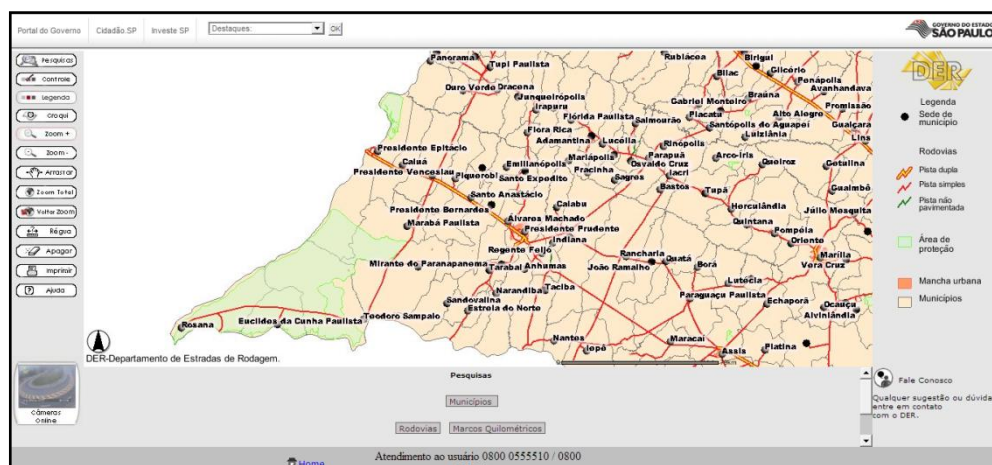



Figura 34 - *Web* Rotas – DER, Interior do Estado de São Paulo. Disponível em: http://200.144.30.104/*web*site/*web*rota/viewer.htm.
Acesso em: 12/03/2013.

Serviços *online* – DENATRAN

O Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) possui vários serviços *online*, dentre os quais está o sistema *online* para visualização de condições de rodovias, disponibilizado pelo DNIT:

- <u>*Software*:</u> o serviço é constituído por páginas no formato HTML e informação apresentada por meio de *links*.
- <u>Descrição da interface:</u> A interface das “Condições das Rodovia” (Figura 35) possui uma camada/*layer* com a base cartográfica do Brasil. Quanto às ferramentas têm-se: pesquisa, legenda, imprimir, arrastar e clicar. Há também, no mapa, pesquisa por capital de estado e, ao lado, pesquisa por estado.

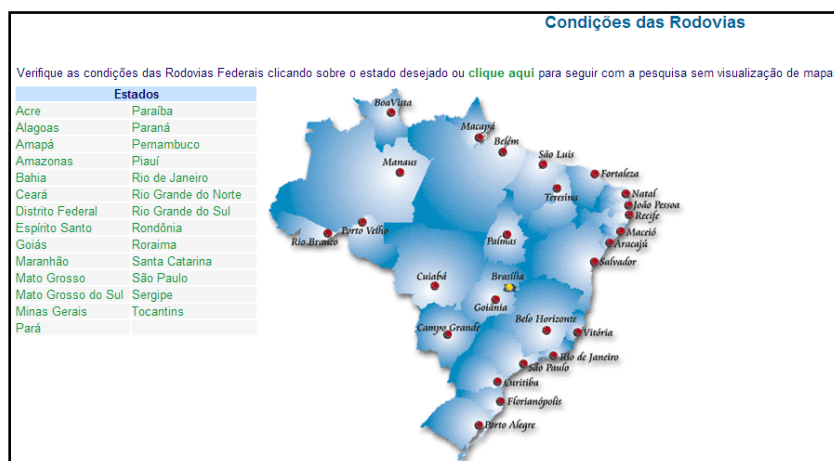



Figura 35 - Condições das Rodovias – DENATRAN.
Disponível em: http://www1.dnit.gov.br/rodovias/condicoes/index.htm. Acesso em: 12/03/2013.

- <u>Conteúdo:</u> é possível verificar as condições das Rodovias Federais do estado desejado. Ao selecionar, por exemplo, o estado de São Paulo, uma nova página é aberta. Ao clicar sobre uma região da rodovia, informações textuais podem ser visualizadas (Figura 36).

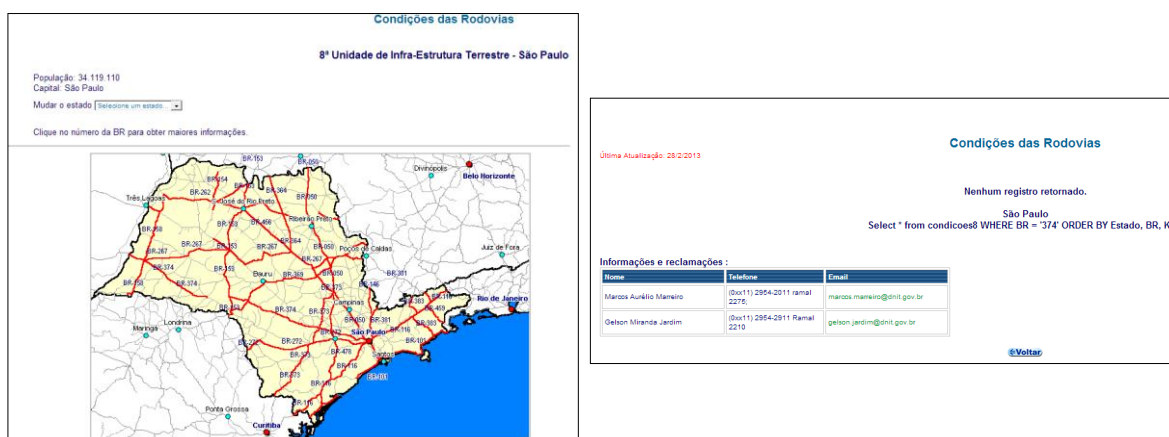



Figura 36 - Condições das Rodovias. Consulta sobre o estado de São Paulo (esq.) e respectivo relatório gerado. Disponível em: http://www1.dnit.gov.br/rodovias/condicoes/index.htm. Acesso em: 12/03/2013.

SGV – LabTrans

O Laboratório de Transportes e Logística (LabTrans), criado em 1998, pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), desenvolve várias atividades nos segmentos de ensino, pesquisa e extensão. O Sistema Georreferenciado de Informações Viárias (SGV) é uma solução integrada na *Web* que tem como objetivo principal receber, processar e disponibilizar dados e informações de tráfego relacionados à malha rodoviária federal sob jurisdição do DNIT (LABTRANS, 2013):

- <u>*Software:*</u> é constituído por páginas no formato HTML e informação apresentada por meio de *links*. Trata-se de um serviço de acesso restrito. Para acessá-lo é necessário se

cadastrar e preencher o formulário que pede, dentre outras informações, vínculo, matrícula e justificativa para tal requisição (Figura 37).

Figura 37 - Acesso restrito ao SGV (esq.). Disponível em: http://www.labtrans.ufsc.br/pt-br/projetos/modal-rodoviario/sgv/. E, Solicitação de cadastro acessar o SGV (dir.). Disponível em: http://www.labtrans.ufsc.br/sgv/SolicitacaoCadastro.aspx. Acesso em: 17/03/2013.

Como não houve como preencher o campo “Matrícula”, não foi possível ter acesso ao SGV. Diante disso, as informações necessárias para dar continuidade à descrição do serviço foram retiradas das imagens disponibilizadas pela página na internet do LabTrans.

- Descrição da interface: A interface do “SGV” (Figura 38) possui uma única *layer*, com base cartográfica do Brasil. Quanto às ferramentas têm-se: pesquisa, legenda, zoom+, zoom-, régua, apagar, imprimir, coordenadas geográficas e escala gráfica.

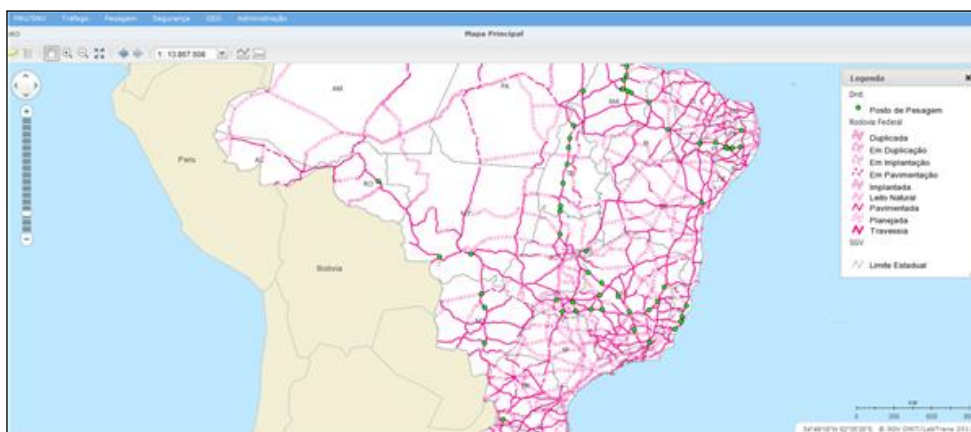



Figura 38 - SGV – LabTrans. Disponível em: http://www.labtrans.ufsc.br/pt-br/projetos/modal-rodoviario/sgv/. Acesso em: 17/03/2013.

- Conteúdo: os módulos que compõe este sistema são (LABTRANS, 2013):
  - PNV/SNV: informações sobre a malha rodoviária federal e vídeo registros;
  - Tráfego: dados de volume e classificação do tráfego de trechos da malha rodoviária federal;

- Pesagem: localização e demais informações referentes aos postos de pesagem fixos;
- Segurança: dados de acidentes de trânsito e segmentos considerados críticos (Figura 39), e; GEO: mapas georreferenciados.

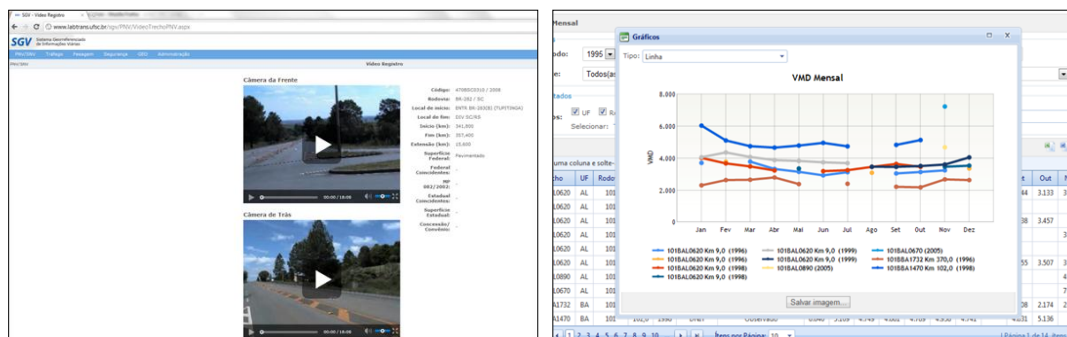



Figura 39 - Conteúdo disponível no SGV: vídeos de trecho da malha rodoviária e conteúdo disponível no SGV: dados de acidente de trânsito e segmentos considerados críticos. Disponível em: http://www.labtrans.ufsc.br/pt-br/projetos/modal-rodoviario/sgv/. Acesso em: 20/03/2013.

5.1.2.3 Levantamento 3

De acordo com Miller e Shaw (2001) os SIG possibilitam a construção e a partilha de informação geográfica e, seu uso, em transportes, está de alguma forma limitado a um pequeno número de técnicos que possuem condições e formação para agregar conhecimento científico em suas pesquisas, com o intuito de propiciar o desenvolvimento de novas aplicações. Se bem utilizado, pode tornar o processo de tomada de decisão muito mais transparente e rápido.

Muitos têm caracterizado o SIG como umas das mais influentes tecnologias de informação, porque é focada na integração de conhecimento de múltiplas fontes, gerando um ambiente propício na colaboração da tomada de decisão, para solucionar problemas, gerenciar recursos e bens, aumentar a eficiência dos trabalhos, promover acessibilidade à informação e geralmente, oferecer redução de custos para pequenas e grandes organizações (SANTOS JÚNIOR; RIBEIRO, 2012).

Com base em Kagan et al. (1992) no caso de implantar pesquisas relacionadas aos modelos de transportes, recomenda-se ser incorporado: dados socioeconômicos do condutor e demográficos; dados sobre características de uso e ocupação de solo; dados sobre a oferta e demanda por transporte.

A proposta atual dos SIG é promover amplo acesso a informação geográfica, infraestrutura comum para construção e desenvolvimento de aplicações SIG, sistemas comuns

de gerenciamento de dados e significativa economia para organizações que desenvolvem e usam SIG (ESRI, 2006).

Segundo Silva et al. (2012) o fluxo eletrônico da geoinformação intra e entre diferentes setores de uma organização oferece vantagens e praticamente é uma exigência para estar em dia com o paradigma tecnológico dado o nível informacional da sociedade atual.

5.1.2.4 Considerações sobre os levantamentos

Finalizados os levantamentos, possíveis conclusões sobre as mesmas são agora apresentadas. De acordo com o primeiro, pode-se dizer que o sistema de coleta de dados de acidentes de trânsito do Brasil ainda é impreciso, no sentido de ter como base, estatísticas internacionais e precariedade no processo de registro, como o problema da falta de indicação do principal fator contribuinte para o acidente.

Nas três fontes principais de dados de acidentes de trânsito (DATASUS, DPVAT e DNIT), as formas como eles estão disponíveis ao usuário são, na maior parte, tabelas e relatórios, normalmente desatualizados. Há ainda, em um dos três casos, parcialidade na publicação dos mesmos.

Sobre o segundo levantamento, notou-se os três projetos apresentados estão vinculados às instituições do governo e de ensino superior. Não há indícios de empresas ou organizações desenvolvendo tal tipo de serviço. Notou-se também, que os projetos de visualização de dados em rodovias brasileiras possuem basicamente os mesmos tipos de funções para análise e interatividade (visualização de condição e classificação do tipo de rodovia). Há alguns casos de visualização da rodovia por meio de vídeos, como nos projetos “*Web* Rotas” e “SGV”, o que também norteou o desenvolvimento da presente pesquisa.

Sobre as ferramentas existentes nos projetos, cabe ressaltar que a quantidade delas não reflete na qualidade e atualização do conteúdo. No projeto “Condições da Rodovia”, por exemplo, não há uma função de “ajuda” e quando é feita uma pesquisa e não há conteúdo disponível aparece uma mensagem com um código que é indecifrável ao usuário.

Por fim, tendo em vista que os tipos de informação disponibilizada – sobre rodovias no país – é de interesse de toda população (condutores, pedestres, interessados e sociedade em geral) e vale ressaltar o acesso restrito ao projeto “SGV”, fato que limita os usuários e restringe informação.

O terceiro levantamento retrata que a maneira como as informações espaciais são interpretadas pelo público pode ser fruto de poucos profissionais especializados e capazes de

explorar as potencialidades desse tipo de dado. Com isso, o contato do usuário se restringe às atividades básicas de localização em mapas estáticos, todavia é de grande importância a familiarização com esse tipo de informação, cada vez mais presente com o desenvolvimento de geotecnologias.

De acordo com o levantamento, o acesso às informações espaciais e cartográficas é limitado e de difícil interpretação para o público geral. É esse o tipo de usuário que deveria ser contemplado pelo desenvolvimento de métodos que facilitem o entendimento dessas informações, como os adotados neste projeto. Com isso, procede-se para a definição dos elementos do mapa, dentre eles, tema, escala e projeção do mapeamento.

5.1.3 Elementos do mapa

Pela análise de demanda por informação e o tipo de público alvo, decidiu-se abordar os seguintes temas: hidrografia da região do trecho rodoviário, unidades político-administrativas, sistema viário, classificação da rodovia e pontos notáveis. As classes de pontos notáveis foram definidas em função do público alvo, dentre as quais, têm-se praças de pedágio e posto da Polícia Militar Rodoviária.

Por se tratar de uma aplicação *web mapping*, o intervalo da escala foi fixado entre 1:100.000 e 1:25.000.000. Há a opção de escolha do nível de exibição por uma tabela e também a visualização pela escala gráfica. Quanto à projeção, optou-se pelas coordenadas plano-retangulares no sistema UTM (*Universal Transverso de Mercator*) fuso 22°S e sistema geodésico de referência SIRGAS2000.

5.1.4 Elementos de base

Nesta etapa foram levantados e escolhidos os programas utilizados.

Quadro 5 - Versões de *softwares* utilizadas.

Software	**Versão**
ArcGIS	10.0
PostgreSQL	8.4
PostGIS	1.5.5
MS4W	3.0.6
Apache	2.2
PHP	3.01
Pmapper	4.3.0

5.2 Aquisição dos dados

Há três tipos de dados envolvidos nesta pesquisa. São eles: dados textuais sobre acidentes rodoviários, bases cartográficas contendo o trecho da rodovia em análise e trechos de vídeos sobre o mesmo local, mapeados com levantamento móvel, para aquisição de imagens georreferenciadas. Nesta subseção serão apresentados detalhes sobre estes dados.

5.2.1 Dados textuais

O registro das ocorrências de acidentes rodoviários da SP-270 é de competência da PMR. Foi realizada uma visita à sede da mesma, no dia 22/04/2013 junto ao Capitão João Carlos Lemes, responsável pelo sistema de banco de dados informatizado para armazenamento de tais ocorrências na região.

Posteriormente, foi submetido à Polícia Militar, o pedido dos dados a serem utilizados. Os mesmos foram disponibilizados em forma de tabela (.*xls*), referentes ao trecho entre os quilômetros 493 e 592, para o período de 01/01/2007 a 21/04/2013. As tabelas contêm dados sobre a quantidade de acidentes por tipo, situação das vítimas, pontos críticos, horários de ocorrência, dias da semana de ocorrência e perímetro urbano.

5.2.2 Bases cartográficas

A partir dos dados tabelados, foram geradas as bases cartográficas de interesse, do tipo *shapefile*, com o *software* ArcGIS.

O *shapefile* é um tipo de formato de armazenamento de dados espaciais bastante utilizado em SIG. Embora pertença a uma corporação privada, sua especificação está disponível gratuitamente, e permite que outras ferramentas o implementem. Essa estrutura de armazenamento de dados é composta por um item como indexador (ESRI, 1998).

Os dados de acidentes são referentes ao trecho quilômetro 493 ao quilômetro 592, como dito anteriormente. Para tanto, inicialmente, as coordenadas dos dois pontos foram coletadas, por meio do aplicativo *Google Earth* e verificadas em campo. Todavia, para fins práticos, o trecho da rodovia foi definido entre o limite de município de Rancharia (LM-R) e Presidente Bernardes (LM-PB). As coordenadas desses dois pontos também foram coletadas. Na tabela 4 estão as coordenadas geodésicas dos quatro pontos coletados, em SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas/ano de referência 2000).

Tabela 2 - Coordenadas geodésicas dos pontos conhecidos.

Ponto	Latitude	Longitude
km 493	22°31’37,57’’S	50°51’01,02’’O
km 592	22°00’53,46’’S	51°36’36,91’’O
LM – R	22°31’32,31’’S	50°51’10,11’’O
LM – PB	22°00’41,39’’S	51°36’58,22’’O

A distribuição espacial dos pontos com coordenadas conhecidas está ilustrada na figura 40. Os pontos em amarelo são os quilômetros e em vermelho, os limites de município. A linha em azul é o trecho da rodovia SP-270 e, em preto, os limites municipais da região.

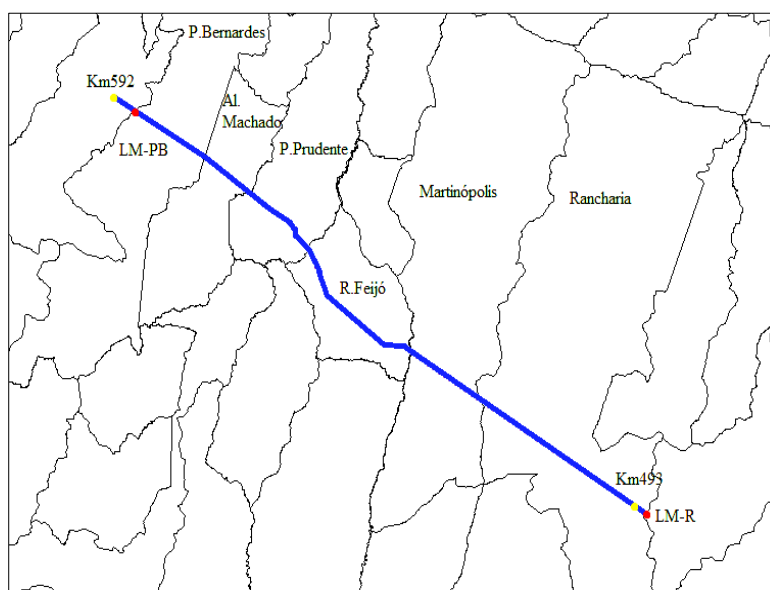



Figura 40 - Ilustração dos pontos com coordenadas conhecidas: LM-R, km 493, LM-PB e km 592.

A seguinte etapa consistiu na importação da base da malha rodoviária brasileira disponível pelo “Ministério do Meio Ambiente – *Download* de dados geográficos” (http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm). O uso desta base se justifica pela extensão do arquivo disponível, confiabilidade e quantidade dos dados, uma vez que cobre todo território brasileiro, facilitando a edição do arquivo de acordo com a necessidade do trabalho. Feito isso, uma área que envolvia a rodovia em questão foi selecionada e exportada para uma nova *layer (trecho_rodovia).*

Então, no ArcGIS, gerou-se um novo *shapefile* do tipo “ponto”. Por meio da ferramenta “edição”, as coordenadas dos dois pontos conhecidos foram inseridas, a fim de delimitar o real trecho da rodovia em estudo.

Como o *shapefile* original continha toda a malha rodoviária fragmentada em pequenas linhas, a ferramenta “merge” foi utilizada para transformá-las em apenas uma única linha

entre os pontos em preto e anil (Figura 41). Cabe observar que a mesma edição foi realizada também no *shape trecho_rodovia*.

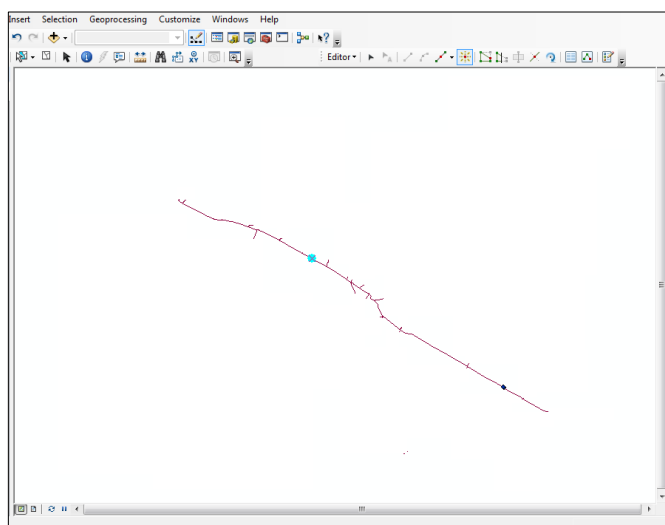



Figura 41 - Malha rodoviária no *shape trecho_rodovia*.

Posteriormente, para padronizar a projeção das bases, a projeção do *shapefile pontos* foi alterada para SIRGAS2000.

Na etapa seguinte, no mesmo *shapefile*, foram inseridos pontos de 1000 em 1000 metros, já que os dados de acidentes fornecidos pela PMR, correspondiam às ocorrências por quilômetro, conforme ilustrado na figura 42.

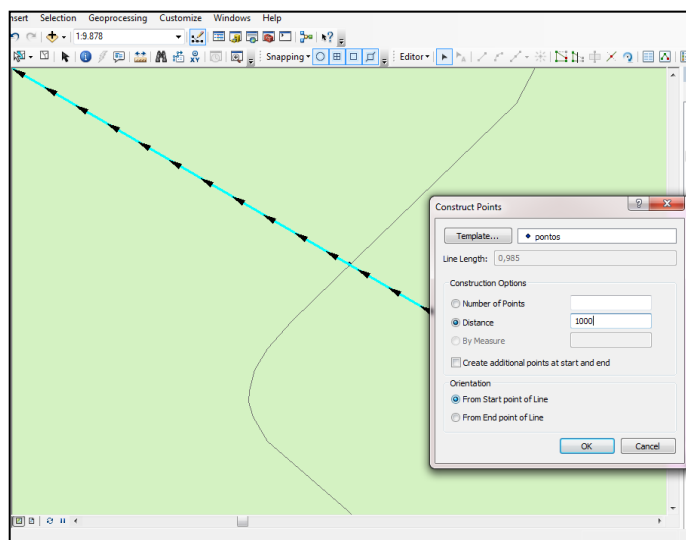



Figura 42 - Inserção dos pontos no *shape pontos*.

Além dos dois *shapefiles*, importou-se uma base referente aos municípios do estado de São Paulo (2006), também em SIRGAS2000, na escala 1:250.000, disponível pelo IBGE (http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm). Com a edição desta, por meio da

ferramenta “dissolve” também foi possível gerar um novo *shape*, para visualização do limite do estado.

Portanto, nesta etapa, foram gerados quatro *shapefiles*: o primeiro com o trecho da rodovia (*trecho_rodovia*); o segundo com os pontos dos locais de sinistros (*pontos*); a base do estado, e; os limites de municípios do estado. Por fim, as tabelas de atributos foram importadas nos respectivos *shapefiles*, por meio da ferramenta “*join and relates*” e à cada quilômetro integrou-se seus respectivos atributos (Figura 43).

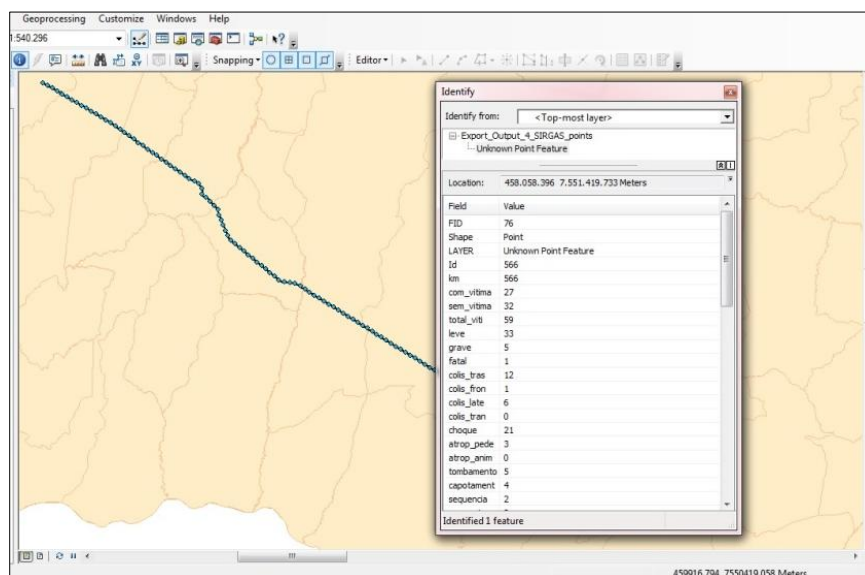



Figura 43 - Importação da tabela de dados no *shape pontos*.

Para as informações dos *shapes* de pontos notáveis, todas as páginas utilizadas como fonte foram páginas oficiais, como por exemplo, do DER (http://www.der.sp.gov.br/website/Servicos/localizacao_radar.aspx), para dados sobre radares e pedágios; da Polícia Militar Rodoviária do Estado de São Paulo (http://www.polmil.sp.gov.br/unidades/cprv/Base/listacompleto34.asp?order=nm) e CART (http://www.cartsa.com.br/cart/Portugues/detInstitucional.php?codinstitucional=12) para identificação das bases de atendimento ao usuário.

Além dessas consultas, foi importante percorrer o caminho para a coleta de outros pontos notáveis ainda não levantados, como postos de gasolina e obras na rodovia.

Para a classificação do *shape trecho_rodovia* nas cores verde, amarelo e vermelho, em função da quantidade de acidentes, foram realizadas as seguintes etapas:

1°: Análise das tabelas de estatísticas: foram identificados os quilômetros com os maiores índices de acidentes de acordo com a PMR.

2°: A partir da classificação da PMR intitulada “Distribuição dos pontos críticos da rodovia Raposo Tavares SP-270”, aplicou-se um filtro para os valores referentes ao intervalo

dos quilômetros 493 ao 592. Na classificação, cada quilômetro recebe um valor entre 0 e 144, sendo 144 o valor máximo e considerado mais crítico.

Levando em consideração que, no caso, os quilômetros não se repetem e que cada um recebe um valor, a classificação final foi (Tabela 3):

Tabela 3 - Intervalos de classes – intervalos iguais.

Valor do Km	Cor
0 |-| 48	Verde
49 -| 96	Amarelo
97 -| 144	Vermelho

O critério da escolha das cores para representação das classes de dados se fundamentou na premissa do padrão universal do verde, amarelo e vermelho nos sinais de trânsito.

3°: as análises obtidas das 1° e 2° etapas foram confrontadas. Observou-se que de acordo com a 1° foram detectadas duas regiões críticas que na 2° classificação não apareceram. Também se observou que a região da rodovia que corta o trecho urbano de Presidente Prudente aparece nas duas e é tida como crítica. A partir disso, chegou-se à classificação final (Figura 44):

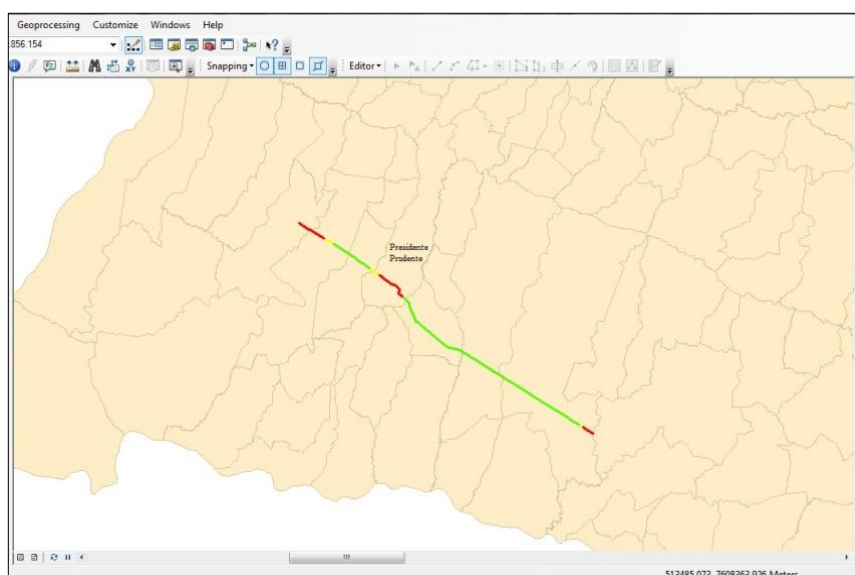



Figura 44 - Classificação do trecho da rodovia SP-270. Em vermelho os trechos mais críticos.

Foram gerados no total 16 *shapes* para serem integrados no WebSIG/SV.

5.2.3 Imagens e vídeos

Foram escolhidos como dados auxiliares, para o WebSIG/SV, vídeos de alguns dos trechos da rodovia coletados por levantamento móvel (Figura 45), fotografias de locais da rodovia e de pontos de referência (Figura 46). O levantamento será descrito no Capítulo 6.

Figura 45 - Vídeos de trechos da rodovia SP-270: Direção frontal (esq.) e traseira (dir.).

Figura 46 - Exemplo de imagens do sistema: Posto policial rodoviário (esq.) e praça de pedágio (dir.).

Posteriormente, foram agregados ao banco de dados, os recursos multimídia. O recurso do tipo texto foi utilizado para a geração de informação de ocorrência de acidente sobre o ponto escolhido. Nos recursos de imagens são utilizados imagens nos locais onde há pontos notáveis do trecho da rodovia. Naqueles classificados como críticos, de acordo com a PMR e estudos deste projeto, são utilizados recursos de vídeo para a visualização do trecho crítico, representando sua realidade com alertas (nos quilômetros de maior ocorrência de acidentes).

5.3 Símbolos

Os símbolos cartográficos foram escolhidos em função do *framework pmapper* e outros foram adicionados à biblioteca do *framework*. Para os pictóricos, optou-se pelos já disponíveis. No quadro 6 é mostrada a simbologia definida para o WebSIG/SV.

Quadro 6 - Especificação dos símbolos cartográficos.

Tema	Classe	Dimensão espacial	Variáveis visuais	Cor (RGB)	Espessura ou tamanho
Hidrografia	Rede de drenagem	linha	cor e espessura	10 147 252	2
Unidades político-administrativa	Estados	polígono	cor e espessura	255 247 229	1
	Municípios	polígono	cor e espessura	255 237 199	0,2
	Sedes	ponto	cor e tamanho	0 0 128	2
Sistema viário	Rodovia	linha	cor e espessura	0 0 0	1
	Ocorrência de acidentes	ponto	cor e tamanho	0 0 0	2
Classificação da rodovia	Trecho verde	linha	cor e espessura	85 255 0	3
	Trecho amarelo	linha	cor e espessura	255 255 0	3
	Trecho crítico	linha	cor e espessura	255 0 0	3
Pontos notáveis	Pedágios	ponto	cor e tamanho	0 255 0	6
	Polícia Militar Rodoviária	ponto	cor e tamanho	255 255 0	6
	Serviço de Atendimento ao Usuário CART	ponto	cor e tamanho	139 69 19	6
	Passarela	ponto	cor e tamanho	0 255 255	6
	Posto de gasolina	ponto	cor e tamanho	256 165 0	6
	Radar	ponto	cor e tamanho	255 0 0	6
	Obras na rodovia	ponto	cor e tamanho	47 79 79	6

A partir dos símbolos pictóricos disponíveis no *pmapper* as ferramentas seguiram a identificação apresentada no quadro 7:

Quadro 7 - Símbolos adotados para as ferramentas.

Ferramenta	Símbolo
Mapa principal	
Desfazer/repetir ação	
Ampliar área selecionada	
Ampliar mapa	
Reduzir mapa	
Navegação espacial (*pan*)	
Informação por ponto	
Informação por categoria	
Distância	
Consulta	
Transparência	
Vídeo	
Foto	
Atualizar mapa	

Para a construção desta etapa foram feitos testes, no sistema, na tentativa de considerar o conjunto dos símbolos, garantir a interação entre eles, o contexto do projeto e trabalhar de acordo com as funções do *framework*.

5.4 Projeto de interface

Como produtos da etapa anterior, foram definidos os símbolos dos temas e as ferramentas a serem utilizadas. Agora, nesta etapa do projeto de interface, para subdividir o monitor, levou-se em consideração o objetivo do WebSIG, as possibilidades de personalizar o trabalho no *pmapper*, os dados disponíveis para visualização e literatura já apresentada sobre projeto de interfaces. Assim, propôs-se a seguinte subdivisão (Figura 47):

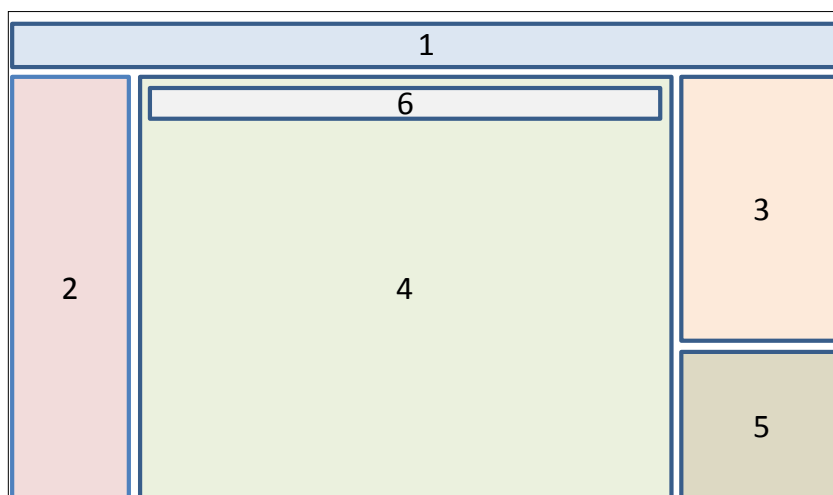



Figura 47 - *Layout* do projeto de interface do WebSIG/SV.

Área 1: "**Informações gerais sobre o WebSIG/SV**". Situada na parte superior do monitor, esta área corresponde à identificação do projeto.

Área 2: "**Guia do usuário**", na parte esquerda do monitor. Para que o usuário se familiarize com o sistema e tire suas dúvidas, levando-se em consideração que ele tende fazer a leitura do conteúdo do monitor da esquerda para direita, de cima para baixo.

Área três: **"Temas"** localizados à direita superior do monitor. Onde o usuário opta pela visualização de um dos cinco temas disponíveis.

Área 4: **"Mapa principal"** é a área que deve merecer maior destaque. Toda interação possível será nela visualizada. Por isso, optou-se por ser apresentada no centro do monitor. Ao acessar o WebSIG/SV o usuário terá habilitado uma base cartográfica do estado de São Paulo com os municípios e o trecho da rodovia SP-270 em destaque. Nessa área também estarão a escala gráfica e as coordenadas (X, Y) dos pontos no mapa.

Área 5: **"Mapa de referência"** situado à direita inferior do monitor, para manter o padrão do *pmapper*. Neste mapa visualiza-se todo o estado de São Paulo com destaque para a porção visualizada na Área 4, delimitada por um quadrado vermelho, também passível de movimentação.

Área 6: "**Ferramentas**" para interação. As 15 ferramentas foram dispostas sequencialmente, dentro de uma barra horizontal situada na parte superior do monitor, logo acima da Área 4.

Considerado todos estes elementos e o fato de se propor trabalhar com códigos padronizados e fontes abertas para *web*, estabeleceu-se o seguinte ambiente integrado a ser utilizado.

5.5 Ambiente integrado para a implementação

O WebSIG/SV funciona sob o modo cliente/servidor. Neste tipo de arquitetura há, no mínimo, duas instâncias interligadas por meio de uma rede, sendo uma nomeada de Cliente e outra de Servidor. Cabe a este, fornecer serviços ao cliente.

Portanto, o ambiente integrado para implementação do WebSIG/SV irá funcionar da seguinte maneira (Figura 48): o cliente faz uma requisição do mapa através do navegador *web*, que repassa ao servidor *web*, e, direciona ao servidor de mapas MapServer. Este acessa os arquivos de configuração, e, gera a base do mapa através dos dados armazenados no banco de dados. Tal base é enviada como resposta ao navegador *web* por meio do servidor.

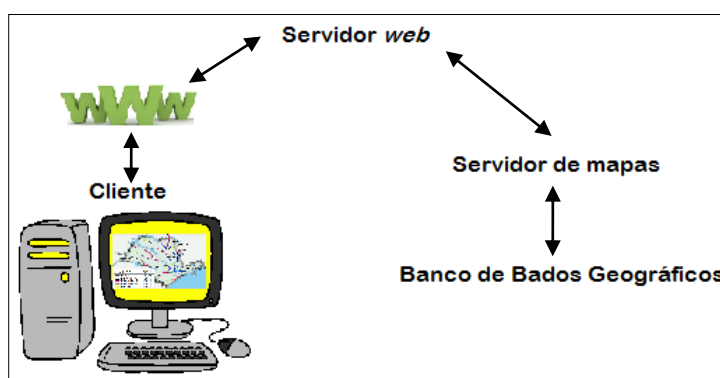



Figura 48 - Esquema do ambiente integrado do WebSIG/SV.

Nesta subseção é descrita como se dá a integração do SGBD com a extensão espacial e com os *softwares* *web mapping*.

Inicialmente, foi instalado o MapServer com o *framework* *p.mapper* no ambiente operacional *MicroSoft Windows*, a partir do pacote MS4W, desenvolvido pelo MapTools. Concomitantemente, os dados das tabelas e os shapes que foram tratados e integrados no *software* ArcGIS foram exportadas.

Posteriormente, foram inseridos no banco de dados PostgreSQL com extensão espacial.

A criação do banco de dados e habilitação do PostGIS pode ser realizada com a ajuda do Manual do PostGIS ou através do uso do "*template_postgis*", que funciona como um "modelo" que pode ser associado ao Banco de Dados no ato da criação do mesmo (VANI, 2011).

A partir da criação do banco de dados e do *template_postgis* no PostgreSQL, duas tabelas são criadas automaticamente: "spatial_ref_sys" e "geometry_columns".

De acordo com Vani (2011) estas são tabelas de metadados e são criadas de acordo com as especificações definidas pelo OGC. Estes padrões são essenciais para a consistência dos dados e interoperabilidade.

Nas colunas da tabela "spatial_ref_sys" observam-se os identificadores e a descrição dos Sistemas de Referência Espaciais (SRS) utilizados nos bancos de dados espaciais. A sigla SRS significa *Spatial Reference System*. Há também outras siglas utilizadas na tabela e que devem ser listadas:

- AUTH_NAME: nome do padrão que identifica o sistema;
- AUTH_SRID: identificador definido pela autoridade criadora para o sistema de referência espacial (para sistemas EPSG, os valores são iguais aos do SRID);
- PROJ4TEXT: *string* de definição de coordenadas PROJ4[7] para o sistema;
- SRID: valor inteiro que identifica cada sistema de referência espacial dentro do banco de dados, e;
- SRTEXT: representação textual do sistema de referencial espacial.

Quanto a tabela "geometry_columns", remete a interação com MapServer para garantir e manter a identificação correta das colunas espaciais e respectivos sistemas de referência.

A criação de tabelas com colunas espaciais pode ser realizada manualmente, via comandos ***addGeometryColumn*** ou ***loader shp2pgsql***, e, também automaticamente, pelo uso do ***loader shp2pgsql-gui***. O ***loader shp2pgsql-gui*** é o utilitário gráfico do ***shp2pgsql*** e possui as mesmas características de linha de comando, além da interface gráfica.

Para o projeto foi utilizada essa última alternativa. Todos os shapes foram importados no PostgreSQL pelo PostGIS (Figura 49). Os parâmetros inseridos se referem à configuração da coluna da tabela espacial, apresentada anteriormente.

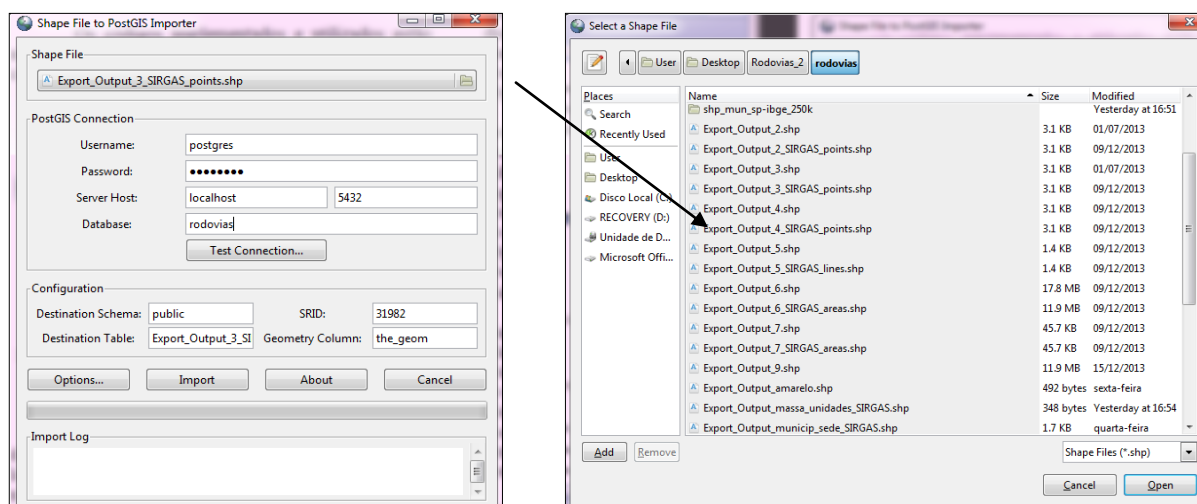
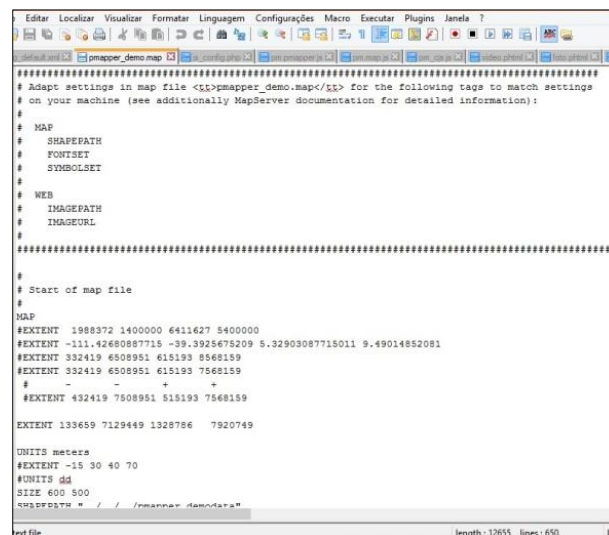



Figura 49 - Exemplo de importação do shape tipo *ponto* no PostGIS.

[7] A PROJ4 é uma biblioteca de funções para projeção de dados cartográficos que vem sendo usada em diversos *softwares* SIG para tarefas de projeção de dados. O MAPSERVER necessita da PROJ4 para poder manipular diferentes sistemas de coordenadas em tempo de execução (PARMA, 2007).

Uma vez importadas, é necessário conferir se as tabelas inseridas permaneceram bem como a tabela de geometria. Esse banco de dados servirá como fonte de dados para o MapServer. Para isso, configura-se a aplicação no *pmapper*.

Todos os códigos implementados e utilizados estão armazenados no servidor Apache. Os arquivos possuem a seguinte função:

O arquivo *config_default.xml* é um *script* para a interface do WebSIG. Também se estruturam as categorias dos temas, camadas e *plugins* utilizados.

O arquivo *pmapper_demo.map* (Figura 50) é o que manipula os mapas armazenados com respectivas camadas ligadas aos *shapes*. Assim é possível o manuseio do *pmapper* com uma interface de fácil acesso ao usuário. Nele estruturam-se também as legendas de cada camada.

Figura 50 - Arquivo *pmapper*_demo.map visualizado no editor de texto.

Este arquivo .map, contém os parâmetros para definir a base cartográfica – como extensão, projeção e tipo de imagem –; a interface (# *Start of web interface definition*), e; a escala (# *Start of ScaleBar definition*).

No mesmo arquivo, após tais definições inicia-se a seção das *layers*, camadas que serão representadas na aplicação. Dentro de cada *layer* fica definida a integração com o banco de dados. Para isso, devem-se editar os seguintes parâmetros:

- CONNECTIONTYPE: tipo de conexão com banco de dados. No caso, PostGIS;
- CONNECTION: define, respectivamente, o nome do banco de dados a ser acessado; a localização do banco; a porta de acesso ao banco, usuário e senha de acesso ao banco, e;
- DATA: especifica os dados espaciais que serão carregados por meio da indicação “tabela.coluna”.

Além da definição destes parâmetros, a conexão com o banco de dados pode ser efetivada diretamente com a declaração do caminho do *shape* (*#SHAPEPATH*). No APÊNDICE B encontra-se este arquivo configurado para o WebSIG/SV.

O arquivo *js_config.php* é um *script* PHP responsável por toda parte lógica do WebSIG. Nele são declarados os botões da barra de *menu* (ferramentas). O arquivo map_default.phtml é um arquivo que junto com o *JavaScript* é responsável por ajustes e chamadas necessárias para o layout do sistema.

O arquivo *uielement.php* é um *script* PHP que define todo formato do WebSIG e os diferentes objetos da interface para integração com os usuários, com características intrínsecas ou extrínsecas. Configuram-se o guia do usuário e as funções que ditam o comportamento do aplicativo diante das ações executadas pelo usuário. Isto significa, por exemplo, definir o *menu* de seleção de camada, a barra de escala, as ferramentas e, em que ordem elas serão utilizadas.

O arquivo *os.ccs* determina a estrutura representada na tela do WebSIG. Ele atribui estilo para todos os elementos gráficos e textuais, como, dimensões, cores, contrastes, etc. Finalmente, no arquivo *language_br.php* altera-se o idioma do WebSIG e declaram-se todas as categorias de temas criados.

5.6 Módulo Interface de navegação

A existência da variedade de objetos de interação pré-definidos no *framework* e as ações de interação com o usuário implementadas em *JavaScript* foram utilizadas como suporte para comprovar as potencialidades da utilização do PostgreSQL e extensão PostGIS, como ótimos armazenadores de dados espaciais utilizados na construção de *web mappings*.

A figura 51 ilustra a interface definitiva do WebSIG/SV.

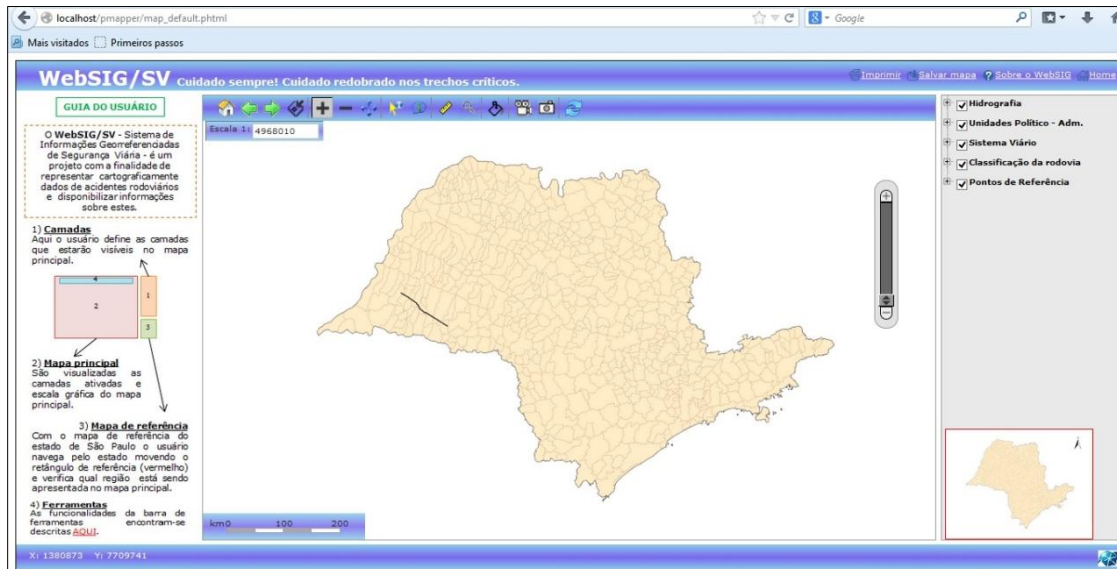



Figura 51 - Interface do WebSIG/SV**.**

Para facilitar o usuário, um guia (no lado esquerdo do monitor) foi elaborado. Com ele, dúvidas sobre o uso das ferramentas e conteúdo do WebSIG/SV podem ser sanadas. Para facilitar a leitura, um *plugin* foi ativado para visualização da barra de ferramentas, como pode ser visto na figura 52.

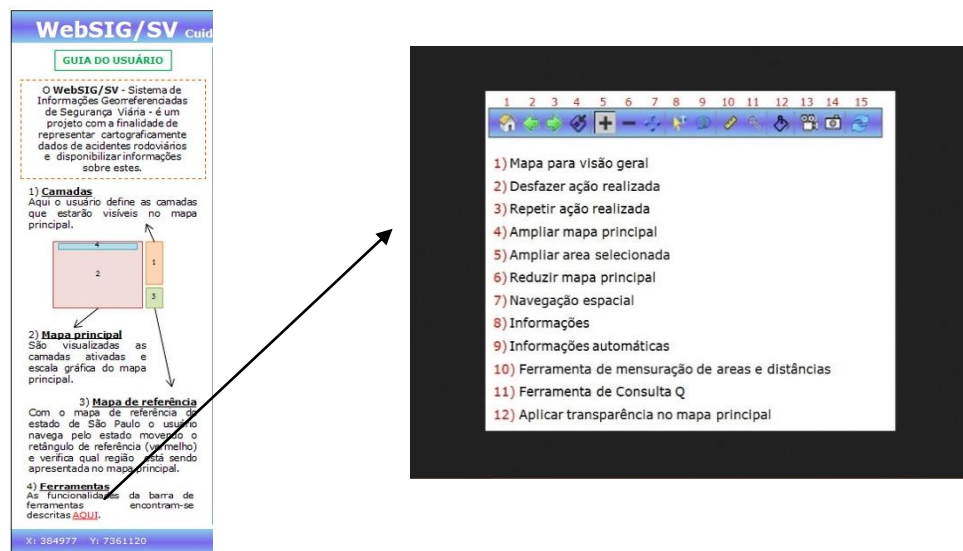



Figura 52 - Ativação do *plugin* para visualização da barra de ferramentas do Guia do usuário.

Dentre as funcionalidades incorporadas por meio de programação, de acordo com o objetivo do projeto, destacam-se: navegação espacial, escala gráfica, transparência do mapa, barra de ferramentas.

A barra de ferramentas no centro superior da tela do monitor, é um dos objetos de interação com usuário mais utilizados. Na figura 53, da esquerda para direita, representam-se as respectivas interfaces de interação das ferramentas:

Figura 53 - Barra de ferramentas do WebSIG/SV.

1) Mapa para visão geral;
2) Desfazer ação realizada;
3) Repetir última ação realizada;
4) Ampliar a área selecionada;
5) Ampliar o mapa selecionado por um retângulo envolvente ou clique na região desejada;
6) Reduzir o mapa ao clicar com o ponteiro do mapa sobre ele;
7) Navegação espacial (Pan);
8) Informação por ponto clicado;
9) Identificação por categoria escolhida;
10) Mensurações de distâncias e áreas;
11) Aplicar o editor de Consulta Q;
12) Aplicar transparência ao mapa da camada ativada;
13) Vídeo do trecho da rodovia Raposo Tavares SP-270;
14) Galeria de fotos do WebSIG/SV (APÊNDICE C)
15) Atualizar o mapa.

A ampliação e redução também podem ser efetivadas manualmente, por meio da barra de *zoom*. Há ainda dois meios de visualizar a escala: escala numérica e janela para visualização da escala gráfica (Figura 54).

Figura 54 – Ferramentas: Barra de zoom (esq.), escala numérica (centro) e gráfica (dir.).

No canto superior esquerdo do monitor estão mais quatro ferramentas, já implementadas no *framework* (Figura 55):

Figura 55 - Ferramentas adicionais WebSIG/SV.

Por fim, podem-se conferir as coordenadas no sistema UTM (E, N) de um ponto qualquer do mapa, no canto inferior da tela, e, aplicar transparência no mesmo (Figura 56).

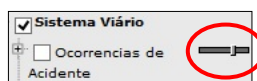



Figura 56 – Transparência do mapa ativado.

5.7 Módulo Interface de dados

Para as consultas no banco de dados foram implementados objetos de interação, como caixas de seleção, campos de textos e dados, janela para visualização de imagens, dentre outros. Para cada camada ativada obtém-se uma janela com as informações provenientes do banco de dados espacial. Também estão disponíveis para o usuário, as opções de exportar os dados em forma de tabela (), exportar o “Resultado” da consulta () e exportá-los em forma de texto (). Seguem algumas consultas realizadas no WebSIG/SV.

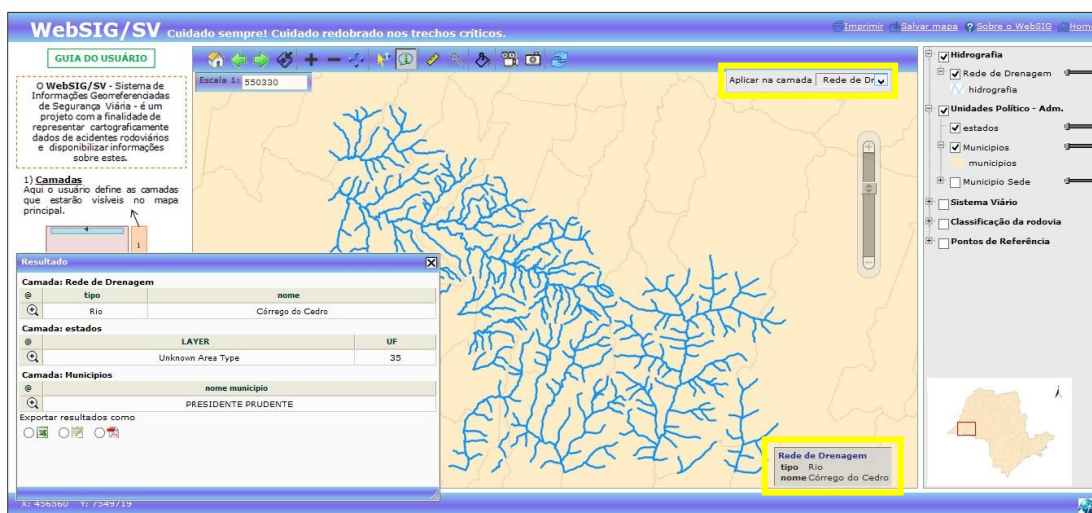



Figura 57: Tabela exibindo informações do rio selecionado mostrando o potencial do servidor de mapa na busca pontual de dados. Também foi implementada a função de consulta por balão de informação (em amarelo).

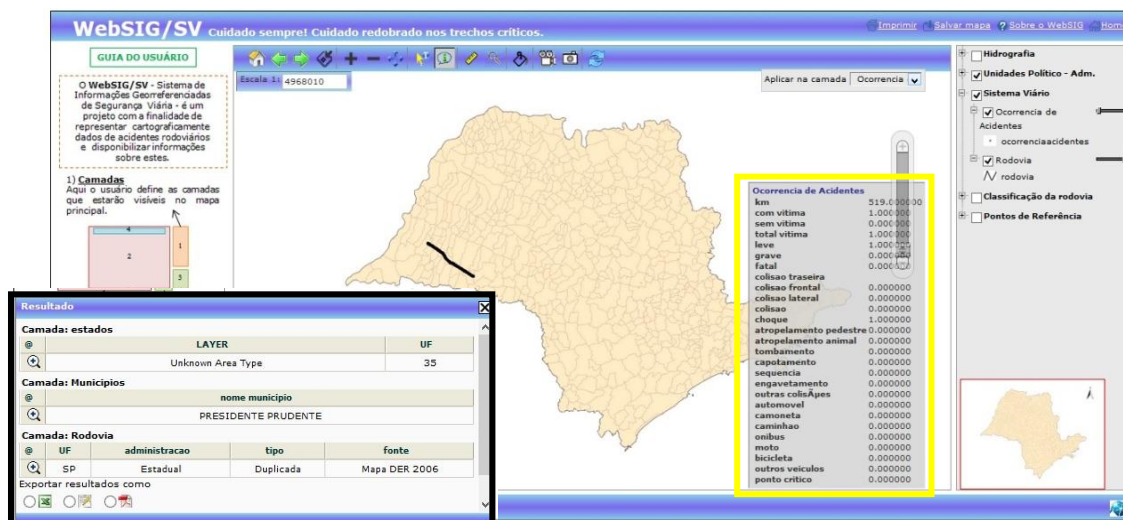



Figura 58 - Tabela exibindo informações da rodovia selecionada: município, administração da rodovia, tipo e fonte de dados (retângulo preto) e função de consulta por balão de informação para a camada de ocorrência de acidentes (retângulo amarelo).

Figura 59 - Tabela (retângulo vermelho) de resultados apresentando informações disponíveis sobre a ocorrência de acidentes do ponto selecionado (em vermelho). Tabela (retângulo preto) exibindo informações de um município sede selecionado (em verde). E, opção de exportar em forma de texto (retângulo amarelo).

Figura 60 - Visualização das informações dos “Pontos de Referência”: praças de pedágios existentes na região; Polícia Militar Rodoviária; passarelas; Serviço de Atendimento ao Usuário CART; postos de gasolina; radares, e; obras na rodovia.

Consulta Q

O editor de Consulta Q é um dos 28 *plugins* disponíveis no *pmapper* para consulta, pesquisa, seleção e apresentação dos resultados. Trata-se da construção de um atributo de consulta cuja sintaxe se aproxima da SQL. As camadas e campos de nomes são usados na interface do usuário, que, ao executar a ferramenta, realiza consultas que não estavam pré-configuradas no WebSIG (PMAPPER, 2013).

Para ser adicionado, inicialmente, foi inserido no código do arquivo *config_default.xml* a seguinte linha de comando (Figura 61):

```
<pmapper>
    <ini>
        <pmapper>
            <!--<pmTitle>p.mapper - A MapServer PHP/MapScript Framework</pmTitle>-->
            <pmTitle>WebSIG/SV</pmTitle>
            <debugLevel>3</debugLevel>
            <plugins>export</plugins>
            <plugins>scalebar</plugins>
            <plugins>transparency2</plugins>
            <!--<plugins>transparency</plugins>-->
            <plugins>roundedboxes</plugins>
            <plugins>queryeditor</plugins>

        </pmapper>
        <config>
            <pm_config_location>default</pm_config_location>
            <pm_javascript_location>javascript</pm_javascript_location>
            <pm_print_configfile>common/print.xml</pm_print_configfile>
            <pm_search_configfile>inline</pm_search_configfile>
        </config>
```

Figura 61 - Linha de comando do arquivo *config_default.xml*.

Depois, inseriu-se, nas linhas do arquivo *js_config.php*, o botão como *plugin* para o editor de consultas na barra de ferramentas, e, por fim, a respectiva imagem, no diretório *pmapper-4.3.0/images/buttons/default* (Figura 62).

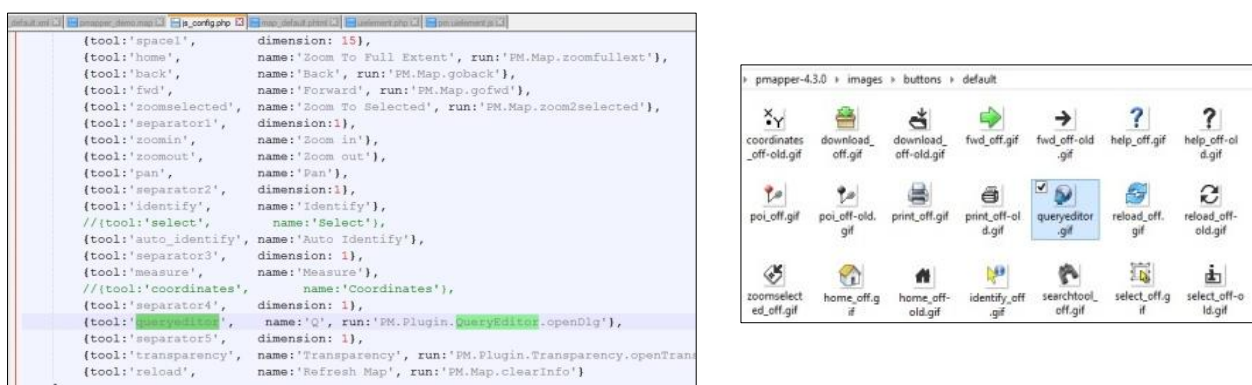



Figura 62 - Consulta Q: Inserção do botão como *plugin* (esq.) e imagem da ferramenta Q (dir.).

6 EXPERIMENTO

Neste Capítulo é apresentado o experimento realizado com toda informação gerada no decorrer do projeto, uma vez que os dados puderam ser visualizados e interpretados no WebSIG/SV. O objetivo deste experimento foi identificar no trecho, em estudo, da Rodovia Raposo Tavares (SP-270), subtrechos onde poderiam ser apontados maiores cuidados durante a travessia, aqui denominados de trechos críticos. Tal escolha se fundamentou em:

- Aplicação de técnicas estatísticas;
- Cálculo de índices;
- Aquisição de dados estatísticos de acidentes para trecho do experimento (PMR), e;
- Conhecimento deste trecho a partir do WebSIG/SV.

Com o experimento foi possível identificar algumas características e comprovar por meio de métodos e técnicas científicas, e existência de um número de ocorrência de acidentes considerado alto e consequentemente preocupante nestes lugares. Como o estudo também envolveu a análise estatísticas dos dados, foi ainda, um modo de viabilizar a realização da gestão de segurança viária no local.

Também foi a maneira encontrada para testar os Módulos do WebSIG, por meio de consultas, geração de tabelas, gráficos, checagem dos botões, caixas, interpretação da legenda, etc.

Por fim, resultou num último produto do WebSIG/SV, que foi o mapeamento móvel de um trecho crítico. A aquisição dos dados por meio de vídeo e integração no WebSIG/SV enriqueceu o sistema e possibilitou ao usuário o acesso à realidade desses locais.

Concluído, todo o processo foi documentado e será apresentado na seguinte ordem: análise dos dados; escolha dos trechos do experimento; teste do Módulo de navegação; teste do Módulo de interface; diagnóstico dos trechos, e; resultados.

6.1 Análise dos dados

O objetivo desta análise foi utilizar métodos e parâmetros para contribuir na escolha do subtrecho. Para isso, foi calculado o índice VMD (Volume Médio Diário) do trecho do experimento; foram observados os dados já inseridos no WebSIG/SV tomando-se conclusões e observações, e; estatísticas atualizadas foram adquiridas, contribuindo com novas considerações e a escolha final do trecho crítico.

6.1.1 Cálculo do VDM

O valor do índice VMD (Volume Médio Diário) corresponde ao número médio de veículos que percorre um trecho de uma rodovia, por dia, durante certo período de tempo. Quando não se especifica o período, pressupõe-se que se trata de um ano (DNIT, 2006).

Na página do DER (Departamento de Estradas de Rodagem), em: “Malha Rodoviária/Estatística” estão disponíveis os valores do índice VDM para as rodovias estaduais por meio de consultas. A figura 63 ilustra o trecho da tabela “ESTATÍSTICA DE TRÁFEGO – Volume Diário Médio de Tráfego (VDM)” entre os municípios de Rancharia e Presidente Bernardes (destacado em vermelho). Deve-se observar que os valores do índice, para esta região, passaram a ser disponibilizados a partir de 2010, ano em que foi concedida para a CART (Concessionária Auto Raposo Tavares). Encontra-se no ANEXO A**,** a tabela completa.

198	CART	SP 270	SP 270 - Rodovia Raposo Tavares	504,0	Rancharia	Leste				976	548	1.524	1.064	590	1.654
198	CART	SP 270	SP 270 - Rodovia Raposo Tavares	504,0	Rancharia	Oeste				1.005	570	1.575	1.071	599	1.670
199	CART	SP 270	SP 270 - Rodovia Raposo Tavares	540,0	Regente Feijó	Leste				1.039	578	1.617	1.079	580	1.659
199	CART	SP 270	SP 270 - Rodovia Raposo Tavares	540,0	Regente Feijó	Oeste				1.061	602	1.663	1.090	587	1.677
419	CART	SP 270	SP 270 - Rodovia Raposo Tavares	590,0	Presidente Bernardes	Leste				2.867	1.228	4.095	3.095	1.394	4.489
419	CART	SP 270	SP 270 - Rodovia Raposo Tavares	590,0	Presidente Bernardes	Oeste				2.869	1.197	4.066	3.120	1.327	4.447

Figura 63 - Trecho da tabela “ESTATÍSTICA DE TRÁFEGO - VDM” correspondente ao local de estudo. Disponível em: http://www.der.sp.gov.br/website/Malha/vdm.aspx. Acesso em: 30/04/2013.

O valor total do VDM para o trecho da rodovia no sentido leste (Rancharia – Pres. Bernardes) é: 7.802. No sentido oeste, o valor é: 7.794. Os valores VDM total da SP-270, nos sentidos leste e oeste, respectivamente, são: 52.503 e 42.089, portanto, o trecho em estudo compreende 14,9% do VDM total no sentido leste e 18,5% no sentido oeste. Como se trata da única rodovia estadual que liga o oeste do estado à capital, compreender o comportamento dos veículos neste trecho é de grande valia para a sociedade.

6.1.2 Análise estatística espacial

Os casos de ocorrência de acidentes rodoviários estão inseridos no contexto da análise de processos pontuais (eventos pontuais). O principal interesse nos dados de processos

pontuais está no conjunto de coordenadas geográficas representando as localizações exatas de eventos (dado aleatório de interesse). O objetivo desta análise é estudar a distribuição espacial destes pontos testando hipóteses sobre o padrão observado: se apresenta agrupamento, se é aleatório ou se os pontos apresentam uma distribuição regular (BAILEY e GATRELL, 1995).

A concentração dos eventos no espaço remete a uma provável determinação espacial do mesmo, e, que se encontrada, revela fatores ambientais, sociais ou ligados à própria existência que podem ser objeto de ação da segurança viária.

A este contexto está ligada a estatística espacial, que de acordo com Santos e Souza (2007) é um ramo da estatística que permite analisar a localização espacial de eventos. Além de identificar, localizar e visualizar a ocorrência dos fenômenos que se materializam no espaço, é possível modelar a ocorrência destes, podendo acrescentar fatores à estrutura de distribuição espacial, ou a identificar padrões.

Tendo em vista que a primeira etapa do experimento consiste em determinar o trecho crítico, a aplicação de técnicas de estatística espacial deu suporte qualitativo necessário. Por isso, tratou-se de uma atividade imprescindível da pesquisa e que será descrita a seguir.

De acordo com Câmara e Carvalho (2001) os processos pontuais, no contexto estatístico, são definidos como um conjunto de pontos irregularmente distribuídos na região de estudo, cuja localização foi gerada por um processo estocástico. Para sua caracterização, este processo pode ser descrito em termos dos efeitos de primeira ordem e efeitos de segunda ordem.

Os efeitos de primeira ordem, globais ou de larga escala, remetem às variações do valor médio do processo no espaço. A técnica de estatística espacial envolvida neste contexto é a Estimação por Kernel. De acordo com Jácomo et al. (2010), os efeitos de segunda ordem, denominados locais ou de pequena escala, representam a dependência espacial no processo, proveniente da estrutura de correlação espacial. A técnica de análise espacial que estuda esses efeitos é o Método do Vizinho Mais Próximo que consiste no estudo da distribuição espacial entre os eventos pontuais.

Na técnica estimação por Kernel é estudado o comportamento dos padrões pontuais, estimando a intensidade pontual do processo em toda região por meio de um ajuste de uma função bidimensional dos eventos considerados, compondo em uma superfície da qual o valor será proporcional às amostras por unidade de área. Essa técnica (também conhecida como estimador de intensidade) realiza uma contagem de todos os pontos dentro de uma região de influência ponderando-os pela distância de cada um a localização de interesse, representado na figura 64 (CÂMARA e CARVALHO, 2001).

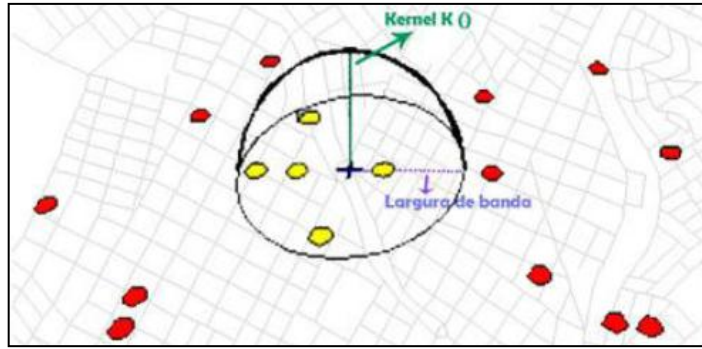



Figura 64 - Estimador de intensidade de distribuição de pontos em vias.
Fonte: Matsumoto e Flores (2012).

A utilização de um estimador de densidade é muito útil para fornecer uma visão geral da distribuição espacial do fenômeno ou variável (CÂMARA et al., 2004b).

De acordo com Jácomo et al., (2010) se **s** é uma localização arbitrária na região **R** e s_1, s_2, s_3,...,s_n, são localizações de *n* eventos observados, então a intensidade, λ(s), em **s** e estimada pela expressão (1):

$$\lambda(\boldsymbol{s}) = \frac{1}{\delta\tau(s)} \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{\tau^2} k\left(\frac{s-s_j}{\tau}\right) \quad (1)$$

Em que:

λ(**s**): intensidade em **s**;

s: localização arbitrária;

τ: raio de influência;

k: função densidade de probabilidade bivariada

δ_τ (**s**): volume sob o kernel centrado em **s**.

Uma das funções mais utilizadas para função *k( )* é uma de quarta ordem, cujo estimador de intensidade pode ser expresso pela equação (2):

$$\widehat{\lambda_\tau}(\boldsymbol{s}) = \sum_{h_i \le \tau} \frac{3}{\pi\tau^2}\left(1 - \frac{h_i^2}{\tau^2}\right) \quad (2)$$

Sendo h_i = distância entre o ponto **s** e a localização do evento observado s_i.

Com o intuito de aplicar essa técnica, foi gerado o mapa de Kernel no *software* ArcGIS, para os dados das tabelas sobre o total de acidentes em questão. O método de classificação escolhido foi da Otimização de Jenks, por formar grupos homogêneos e garantir a heterogeneidade entre as classes. O número de classes foi calculado pelo Método de Sturges.

Segundo Freire (2011) este método de classificação de dados estatísticos agrupa os dados em classes utilizando um algoritmo que calcula valores de agrupamentos de dados com base nos de distribuição. A otimização baseada em Jenks visa reduzir a variância dentro dos

grupos e maximizar a variância entre os grupos. Assim, as classes são definidas em agrupamentos naturais de acordo com os valores registrados.

O Método de Sturges é um método estatístico que trata da definição do número de classes para um determinado conjunto de dados. Sua aplicação se dá em função do número de dados em questão. Para um conjunto com mais de 80 dados deve-se aplicar a seguinte equação (3), onde k é o número de classes e N do total de dados.

$$k = 1 + 3{,}33 \log N \tag{3}$$

Com o valor de k=15, pôde-se gerar o mapa de Kernel (Figura 65). Optou-se pela legenda de cores onde as maiores concentrações das ocorrências estariam representadas pela cor vermelha.

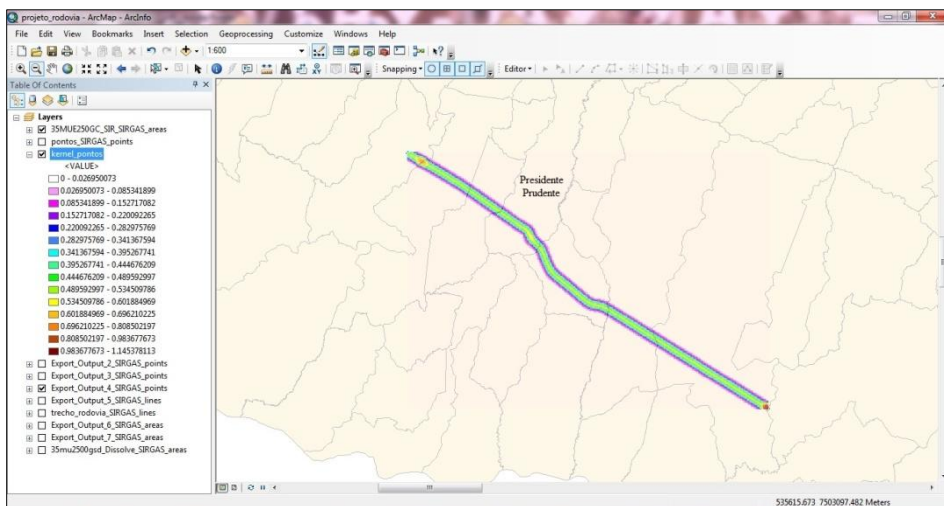



Figura 65 - Mapa de kernel para a ocorrência de acidentes rodoviários.

A figura (66) a seguir ilustra as maiores concentrações derivada do mapa.

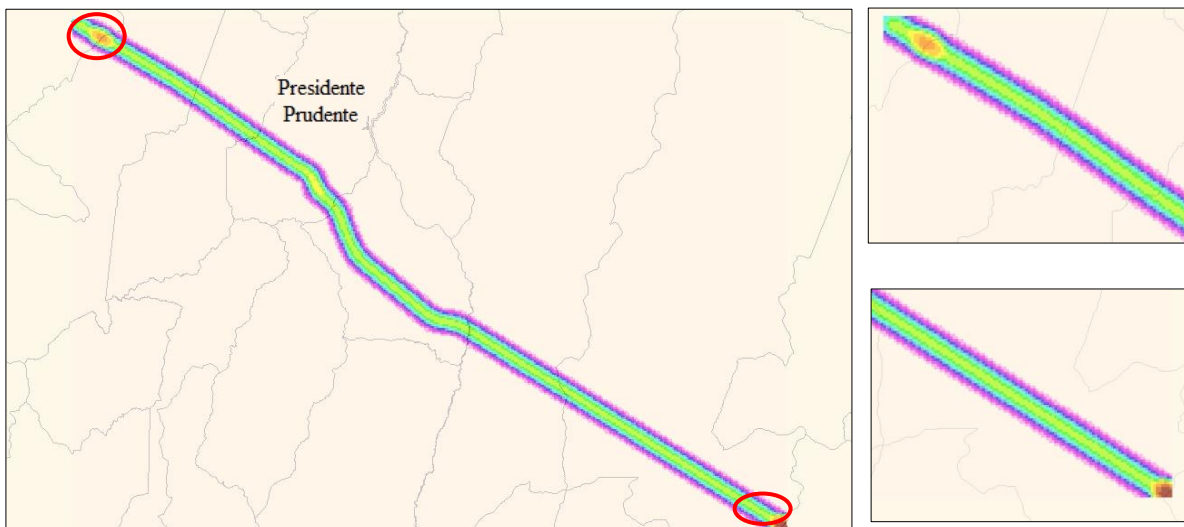



Figura 66 - Trechos de maiores concentrações de acidentes visualizados pelo mapa de kernel (à esq.) e respectivas visualizações de cada um separado: próximo ao município de Presidente Bernarde (a cima) e Rancharia (abaixo).

Ao observar o mapa ampliado (Figura 67), pode-se concluir que a maior concentração de ocorrência dos acidentes, no período analisado, se dá nos limites de município de Rancharia-SP (km 493) e Presidente Bernardes-SP (km 592). Trata-se de trechos urbanos daqueles municípios. Além deles, há um terceiro, localizado no município de Presidente Prudente-SP, e que aparece no mapa como uma "mancha" de cor amarela. É um trecho de pista dupla, mas que também possui o trevo de acesso à cidade. Além disso, é grande o tráfego de pedestres e veículos no trecho urbano da rodovia.

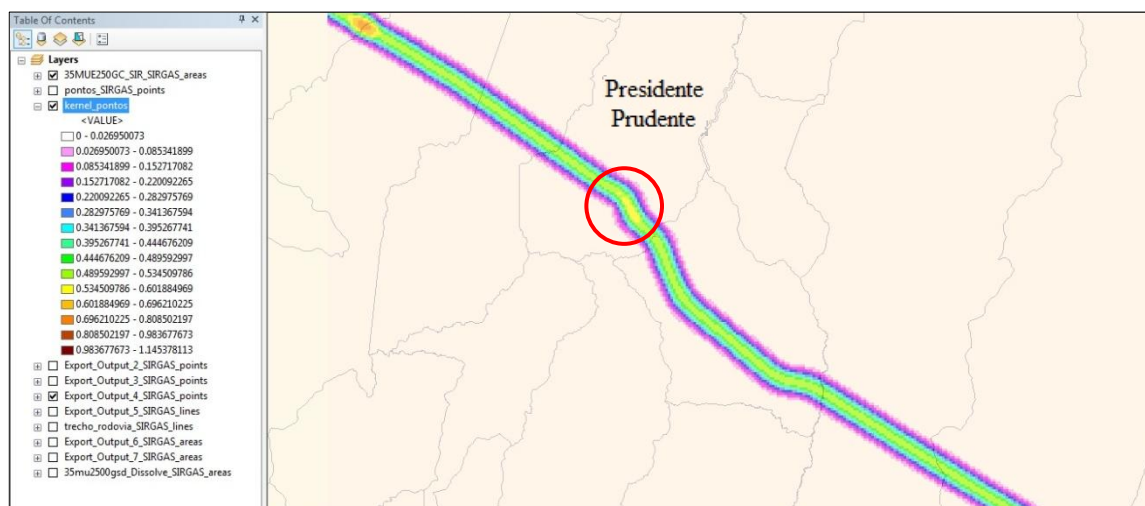



Figura 67 - Mapa de kernel para a ocorrência de acidentes rodoviários – trecho próximo ao município de Presidente Prudente-SP.

O município de Presidente Prudente, por onde passa esse trecho da rodovia Raposo Tavares, possui 207.610 habitantes e uma área de 562,794 km^2 (IBGE, 2013). Os trechos rodoviários mais perigosos na região, segundo Lemes (2011), são: Rodovia Comandante João Ribeiro de Barros, SP-294, de Adamantina até Panorama, local onde há muitas colisões frontais; Rodovia Arlindo Bettio, SP-613, entre Teodoro Sampaio e Rosana, e, o trecho da Rodovia Raposo Tavares, SP-270, entre os quilômetros 568 e 570, onde se constatam acidentes graves.

Foi possível uma primeira caracterização da área de estudo quanto à distribuição dos acidentes, relacionando-a aos limites de município da região e trechos urbanos. Os trechos críticos corresponderam aos trechos determinados pela PMR. Também se observou que a técnica de estatística espacial apresentou resultados que podem ser testados e confrontados com outros métodos de estatística, proporcionando uma abertura para futuras pesquisas. Uma delas pode ser a análise de dados que se distribuem ao longo de uma rodovia como um evento espacial linear e não areal.

6.1.3 Estatísticas atualizadas

De acordo com o balanço estatístico da Polícia Rodoviária (NETTO, 2013) em 2013 os acidentes com vítimas tiveram um aumento de 50% nas estradas da região de Presidente Prudente na comparação com o mesmo período do ano anterior. Os acidentes sem vítimas passaram de dez para 13, o que representa um crescimento de 30%. Já o número total de acidentes subiu 40,91%, de 22 para 31 ocorrências.

A quantidade de mortes sofreu uma queda de 60%, já que, enquanto em 2012 houve cinco registros, neste ano duas pessoas perderam a vida nas rodovias da região. No entanto, o número de vítimas feridas com gravidade dobrou, de duas para quatro pessoas. A quantidade de vítimas com ferimentos leves aumentou 20%, de 20 para 24 pessoas. Já o total de vítimas subiu 11,11%, de 27 para 30.

Ainda conforme o balanço foram realizadas 657 autuações nessa região em 2013, número 24,31% inferior as 868 feitas no ano anterior. Houve queda de 30,30% na quantidade de veículos recolhidos, que passou de 33 para 23. Já o número de Carteiras Nacionais de Habilitação (CNHs) recolhidas foi de cinco para 24, um índice de 380%. O recolhimento de Certificados de Registro e Licenciamento de Veículos (CRLVs) caiu 21,43%, de 154 para 121 documentos.

6.2 Trecho utilizado no experimento

Diante da análise dos dados, descrita anteriormente, foi possível determinar o trecho do experimento do projeto.

No total, foram identificados três trechos como sendo os mais preocupantes, possíveis candidatos a serem estudados, todavia, optou-se pelo trecho entre os quilômetros 560 e 570 (Figura 68), da área urbana de Presidente Prudente, que sofreu um aumento do número de ocorrências de acidentes entre os anos de 2007 e 2013, e, possui o maior número de acidentes do tipo grave.

Figura 68 - Trecho urbano da rodovia Raposo Tavares (SP-270) próximo à Presidente Prudente. Fonte: http://www.ifronteira.com/noticia-presidenteprudente-53252&docid.

6.3 Teste do Módulo Interface de navegação

A proposta deste teste é operacionar as funcionalidades do WebSIG/SV, para o trecho do experimento, e validar as informações no sentido de retratar a realidade como parâmetro importante no diagnóstico das condições da segurança viária no mesmo. Seguem os testes com as ferramentas desenvolvidas e os respectivos resultados.

1) Mapa para visão geral e técnica de aplicação da transparência

Para visualizar este trecho, as camadas "Municípios", "Município Sede" e "Classificação da rodovia" foram habilitadas (Figura 69). O mapa geral evidenciou que o trecho está contido no perímetro urbano de Presidente Prudente. Com a transparência, identificou-se que o trecho toma quase todo perímetro urbano.

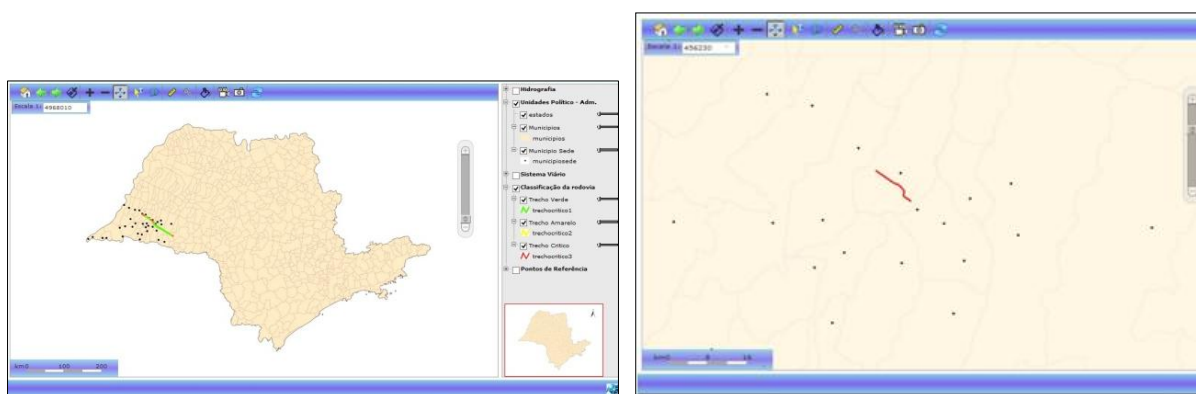



Figura 69 – Aplicação das ferramentas: Mapa geral (esq.) e trecho do estudo em vermelho (dir.).

2) Ampliar o mapa

Com o trecho ampliado (Figura 70) fica mais clara a percepção de detalhes geométricos do trecho, como, a de que, se dividido em duas partes, a primeira possui cinco curvas.

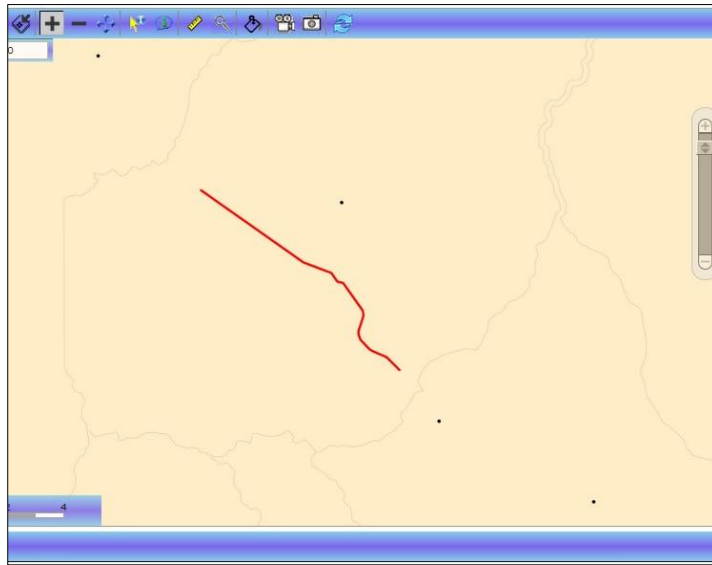



Figura 70 - Ampliação do trecho de estudo.

3) Reduzir o mapa

Com esta ferramenta diminuem-se os detalhes e espera-se compreender melhor a região do entorno do trecho. Ao ativar a camada “Hidrografia”, verificou-se que não se tem presença de muitos rios ou córregos no local (Figura 71), consequentemente, também sem respectivas pontes.

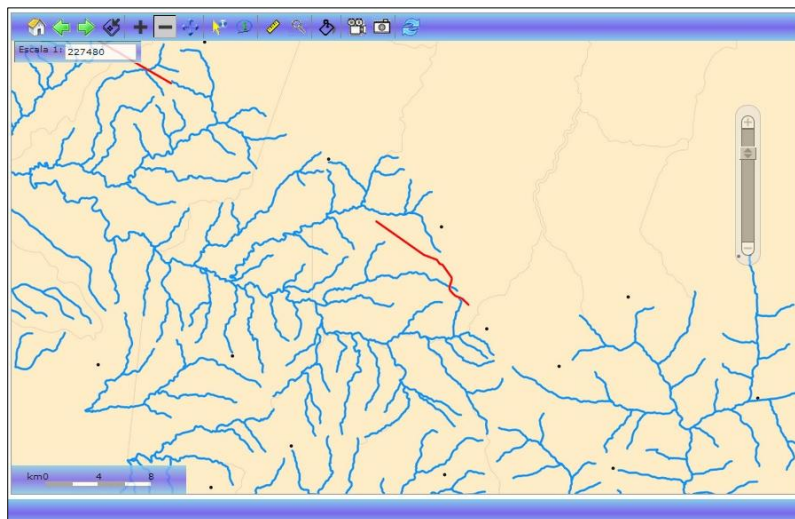



Figura 71 - Utilização da ferramenta *zoom* -.

4) Informação sobre o ponto clicado

Ao clicar sobre o trecho, a ferramenta disponibiliza os dados: nome do município por onde o trecho passa; UF; administrador; tipo e fonte (Figura 72). Observações importantes acerca da caracterização do trecho: corta o maior município da região, logo, espera-se um volume grande de tráfego; é um trecho de pista dupla nos dois sentidos e estadual.

Figura 72 - Informações sobre o trecho da rodovia.

5) Identificação por categoria

Por meio dessa ferramenta foi encontrada uma maneira de visualizar rapidamente os dados estatísticos da camada "Ocorrência de acidentes". Foram consultados dados sobre cada quilômetro e os resultados apresentados em forma de tabelas (Figura 73).

Ocorrencias de Acidente					
km	565.000000	566.000000	567.000000	568.000000	569.000000
com vitima	33.000000	27.000000	35.000000	43.000000	68.000000
sem vitima	42.000000	32.000000	40.000000	46.000000	101.000000
total vitima					
leve	39.000000	33.000000	44.000000	46.000000	87.000000
grave	9.000000	5.000000	8.000000	11.000000	8.000000
fatal	2.000000	1.000000	4.000000	6.000000	7.000000
colisao traseira					
colisao frontal	2.000000	1.000000	0.000000	1.000000	1.000000
colisao lateral	11.000000	6.000000	9.000000	10.000000	21.000000
colisao	4.000000	0.000000	1.000000	0.000000	8.000000
choque	19.000000	21.000000	15.000000	18.000000	30.000000
atropelamento pedestre	1.000000	3.000000	2.000000	1.000000	5.000000
atropelamento animal	4.000000	0.000000	1.000000	2.000000	4.000000
tombamento	9.000000	5.000000	4.000000	5.000000	16.000000
capotamento	5.000000	4.000000	6.000000	14.000000	8.000000
sequencia	1.000000	2.000000	1.000000	0.000000	0.000000
engavetamento	1.000000	2.000000	5.000000	5.000000	6.000000
outras colisÃµes	1.000000	3.000000	7.000000	11.000000	5.000000
automovel	3.000000	1.000000	1.000000	2.000000	9.000000
camoneta	0.000000	0.000000	2.000000	0.000000	0.000000
caminhao	0.000000	0.000000	0.000000	2.000000	0.000000
onibus	0.000000	0.000000	1.000000	0.000000	1.000000
moto	1.000000	0.000000	5.000000	4.000000	1.000000
bicicleta	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000	1.000000
outros veiculos	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
ponto critico	160.000000	124.000000	217.000000	227.000000	144.000000

Figura 73: Exemplos de tabelas geradas por quilômetro da camada "Ocorrência de acidentes".

Como foram disponibilizados dados sobre os acidentes para cada quilômetro do trecho, foi possível fazer uma comparação entre os 10 quilômetros para verificar a consistência dos mesmos. Foram avaliadas as ocorrências por tipo de vítima (Figura 74), gravidade (Figura 75), acidente (Figura 76), veículo envolvido e dias da semana. Para a análise do tipo de veículo foram gerados dois gráficos, na tentativa de interpretar melhor os dados.

A figura 74 ilustra a dispersão do número de acidentes em função do tipo de vítima envolvida.

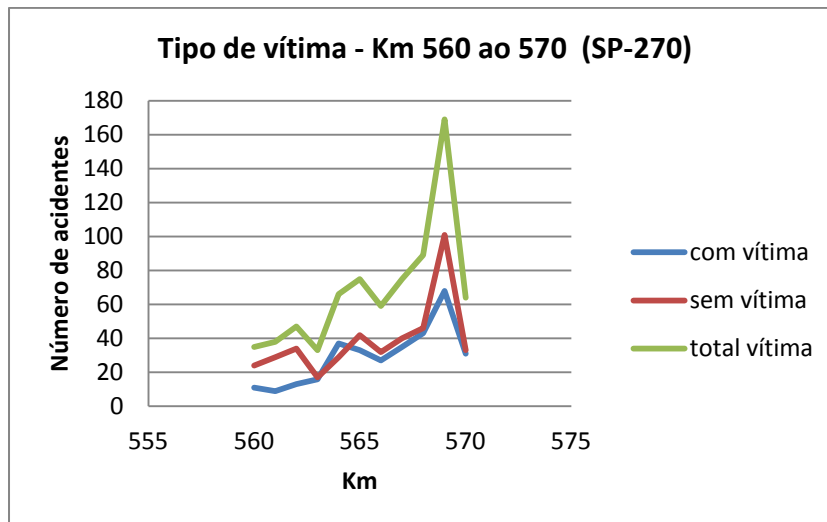



Figura 74 - Tipificação das vítimas.

Observa-se que o número de ocorrências que envolvem vítimas é menor que aqueles que possuem vítimas. Tal caso é visível entre os quilômetros 560 e 565 e, no 570. Há uma pequena inversão nos valores próximo do quilômetro 564.

A figura 75, a seguir, apresenta a distribuição quanto à gravidade do acidente, sendo ela classificada em leve, grave a fatal.

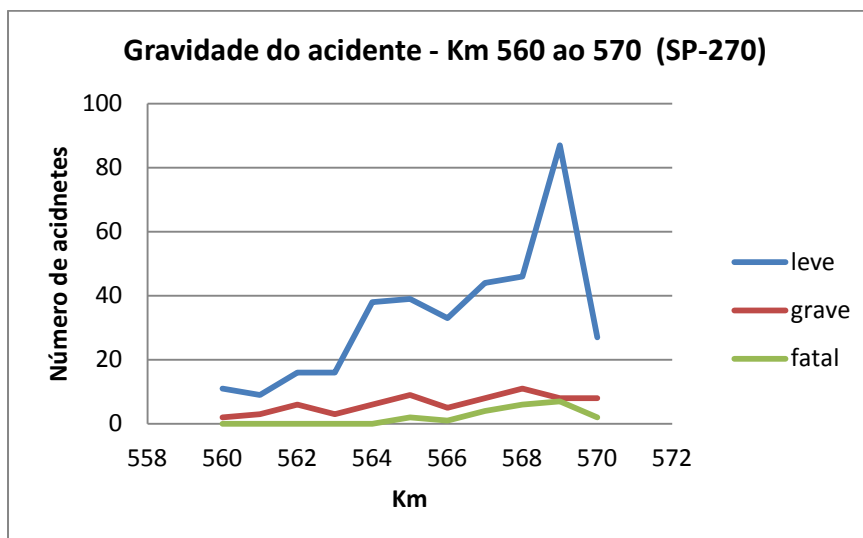



Figura 75 - Gravidade do acidente.

De acordo com a figura 75, há um predomínio de acidentes do tipo leve no trecho do experimento, apesar de se constatarem ocorrências de acidentes dos três tipos. Entre os quilômetros 564 e 568 há picos de ocorrência e o maior deles aparece próximo do quilômetro 569. Quanto aos tipos, a figura 76 confirma a ocorrência de acidentes em todos os quilômetros do trecho do experimento.

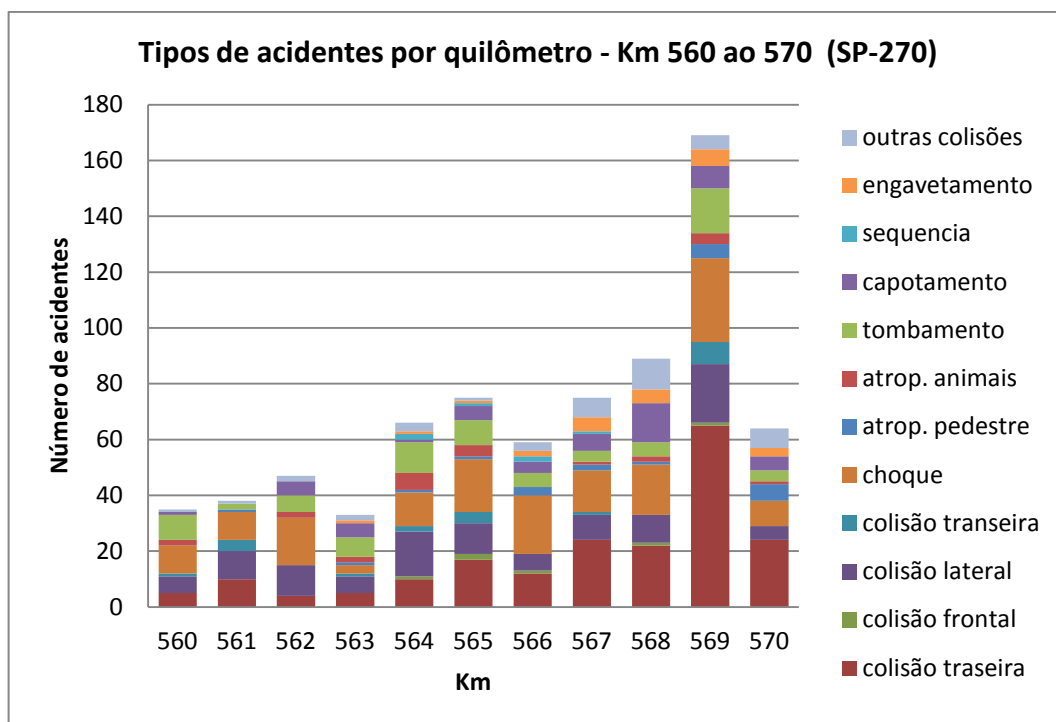



Figura 76 - Ocorrência de acidentes por quilômetro.

Neste caso, até o quilômetro 563 os números de acidentes são menores se comparados aos demais, e nesse subtrecho não há a ocorrência de alguns dos tipos de acidentes, por exemplo, atropelamento de pedestres. O número de ocorrência cresce nos dois quilômetros seguintes; diminui novamente no 566 e volta a subir, sendo o quilômetro que acumula o maior número, o 569. Nele, o tipo de acidente mais corriqueiro é a colisão traseira, seguida do engavetamento, capotamento e tombamento.

Um fato interessante é que dos 12 tipos de acidente, cada trecho do experimento apresenta em média 7 tipos e o quilômetro 569 apresentou 11.

Para a análise do tipo de veículo envolvido, foram gerados dois gráficos. O de dispersão (Figura 77), para compreender a distribuição por tipos de veículos no decorrer deste trecho e o de pizza (Figura 78) para quantificar tal distribuição.

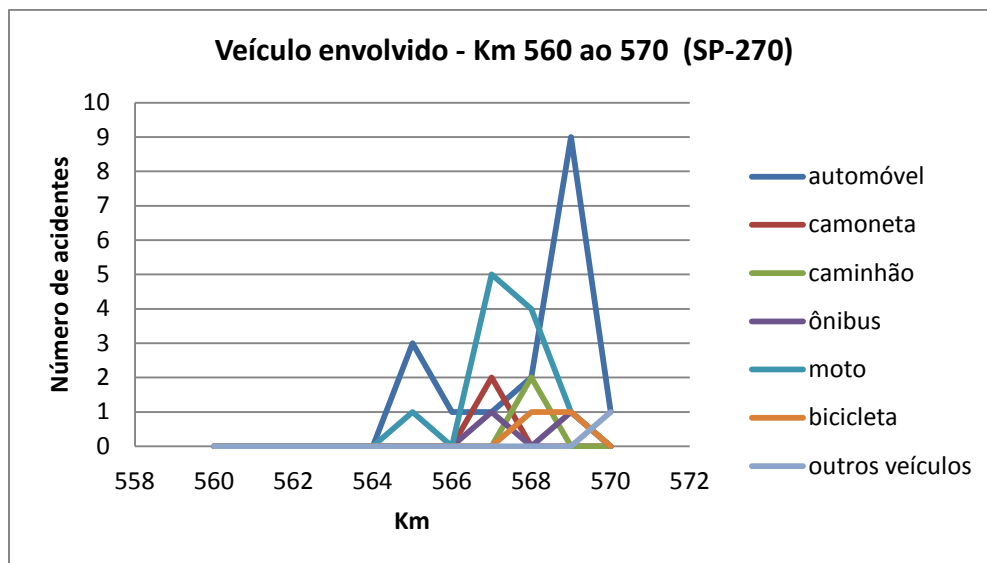



Figura 77 - Tipo de veículo envolvido.

De acordo com a figura 77, as ocorrências se concentram entre os quilômetros 564 a 569. Do 564 ao 566 só aparecem automóveis e motos envolvidos, veículo que também predomina até o quilômetro 569. Sobre este quilômetro, esse fato pode ser justificado pela proximidade aos trevos de acesso à Presidente Prudente e circulação de moradores entre os bairros da cidade que tem acesso pela Avenida Manoel Goulart, que cruza a rodovia Raposo Tavares na altura do quilômetro 569. Fato que também se comprova por ser o único subtrecho que envolve bicicletas em acidentes.

Por fim, da classificação da PMR com os sete tipos de veículos, os automóveis predominam e aparecem em relevância no quilômetro 569. Tal informação é comprovada se observada à figura 78, com um gráfico.

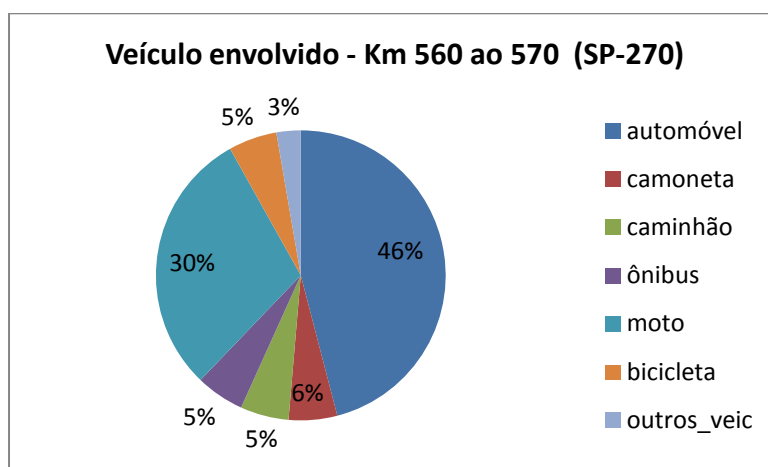



Figura 78 - Ilustração da distribuição percentual dos veículos.

Em 46% dos acidentes há a presença de automóveis, seguidos das motos (30%). Ônibus, caminhão e bicicletas aparecem em 5% deles.

Quanto aos dias da semana, a figura 79 apresenta o diagrama da dispersão dos dados tomando o mesmo trecho como referência.

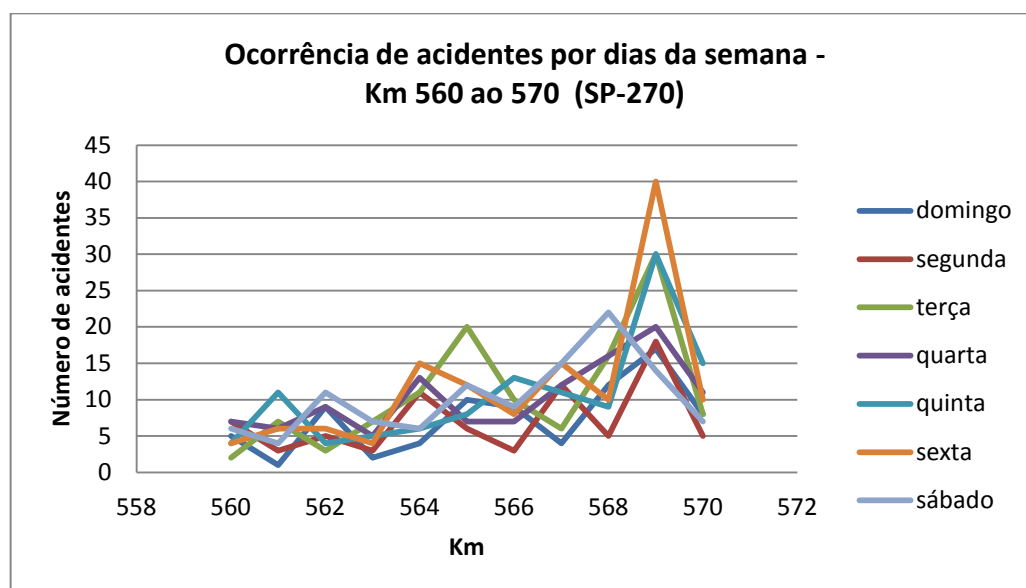



Figura 79 - Ocorrência de acidentes por dia.

Durante a semana, domingo é o dia de menor número de acidentes, seguido de segunda-feira e quarta-feira. Há uma concentração de acidentes na terça-feira e sexta-feira nos quilômetros 565 e 569. Neste último, como dominante dentre todos os dias da semana. Sábado apresenta pequena variação de números de acidentes, distribuído de modo mais homogêneo nos quilômetros do trecho do experimento.

Portanto, após a verificação da consistência dos dados, o trecho apresentou em síntese: grande parte dos acidentes de gravidade leve; tipos colisão traseira, engavetamento, capotamento e tombamento; envolvendo automóveis e motos; nas terças e sextas-feiras. Fato que se dá predominantemente entre os quilômetros 568 e 570. Logo, a presença de uma área urbana próxima não garante segurança no trânsito, dependendo de outros fatores, dos quais hipóteses serão levantadas no diagnóstico do trecho.

6) Mensuração de distância

O trecho do experimento foi medido no mapa e o resultado (em amarelo), de 9,36 km, foi compatível com o esperado (10 km), já que essa ferramenta calcula uma distância em linha reta (Figura 80).

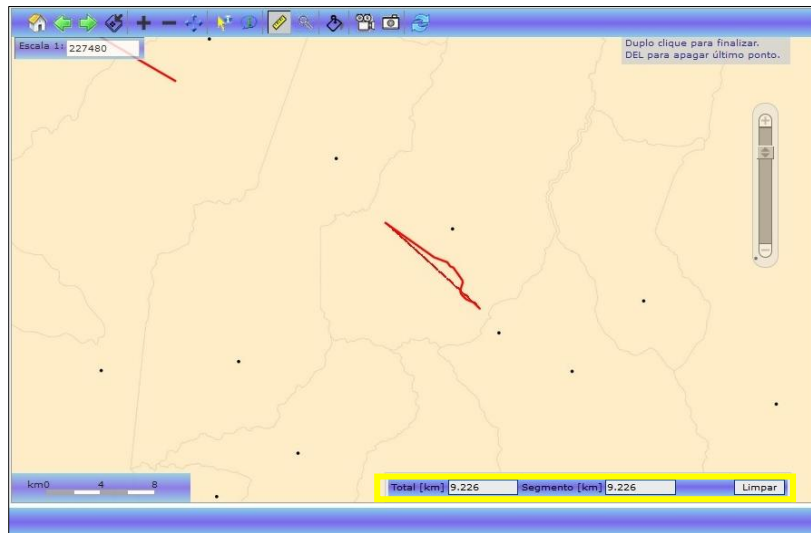



Figura 80 - Confirmação da distância.

7) Impressão

O mapa foi configurado e visualizado na página de impressão (Figura 81).

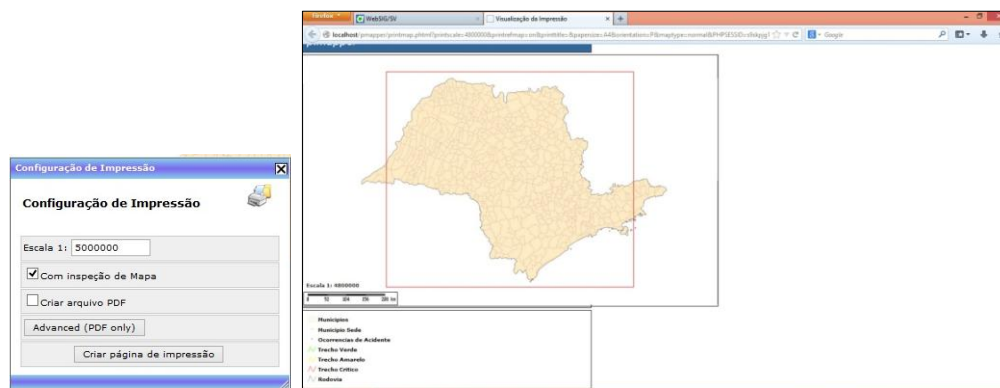



Figura 81 - Geração da página de impressão.

8) Salvar mapa

Para armazenar a imagem do mapa, escolhe-se a resolução e uma versão para *download* (Figura 82).

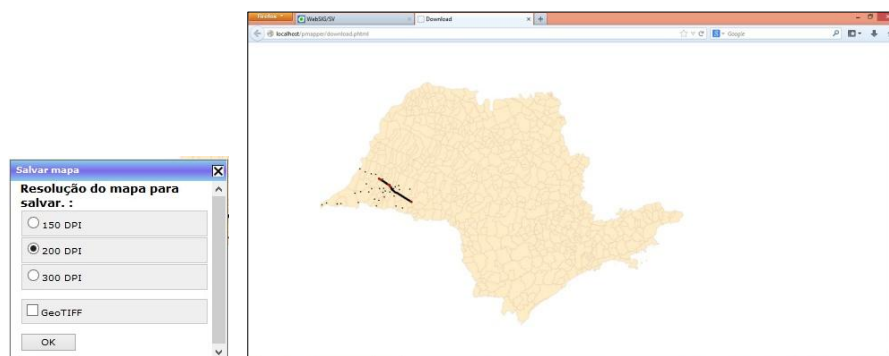



Figura 82 - Ferramenta para salvar as informações do mapa.

9) Sobre o WebSIG/SV

Trata-se de informações sobre as versões dos programas utilizados na construção do WebSIG/SV (Figura 83).

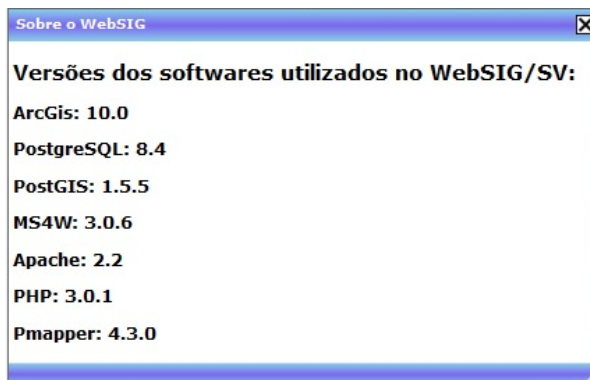



Figura 83 - Ferramenta “Sobre o WebSIG/SV”.

10) Home

Ao clicar em “Home” o usuário é encaminhado à página do Laboratório de Mapeamento Móvel (http://www2.fct.unesp.br/grupos/lmm/) da FCT/UNESP e pode navegar pela mesma ou então, retornar ao WebSIG/SV.

Além da avaliação realizada com os testes sobre cada ferramenta disponível no WebSIG/SV, foi considerado também, o mapa como um todo.

O mapa deve ser legível, de fácil manuseio e imediatamente interpretado pelo usuário. O contraste é fundamental para uma boa legibilidade e impacto visual, valorizando o equilíbrio, a proporção e estética do conjunto de símbolos (BATISTA & ULBRICHT, 2002).

Diante desses aspectos, buscou-se concretizar tanto a imagem do mapa quanto interface compostas por cores que se equilibrassem e, ao mesmo tempo, apresentasse contraste, para que não fossem geradas dúvidas. As camadas foram organizadas na tentativa de evitar ambiguidade, e, as cores da classificação da rodovia foram escolhidas a fim de chamar a atenção do usuário e facilitar a memorização dos trechos críticos.

6.4 Teste do Módulo Interface de dados

Esse teste abrange a aquisição e interpretação dos dados disponíveis no Módulo de Interface de dados. Seu objetivo foi a comparação entre o trecho do experimento e o da rodovia do qual se tinham dados disponíveis no WebSIG/SV. No total foram realizadas 6 consultas sobre o trecho do experimento, separadas em duas etapas, as quais serão descritas a seguir.

1) Visualização das camadas: Municípios, Dados da Rodovia, Informação dos acidentes por quilômetro, Classificação da rodovia e Pontos notáveis para o trecho em questão.

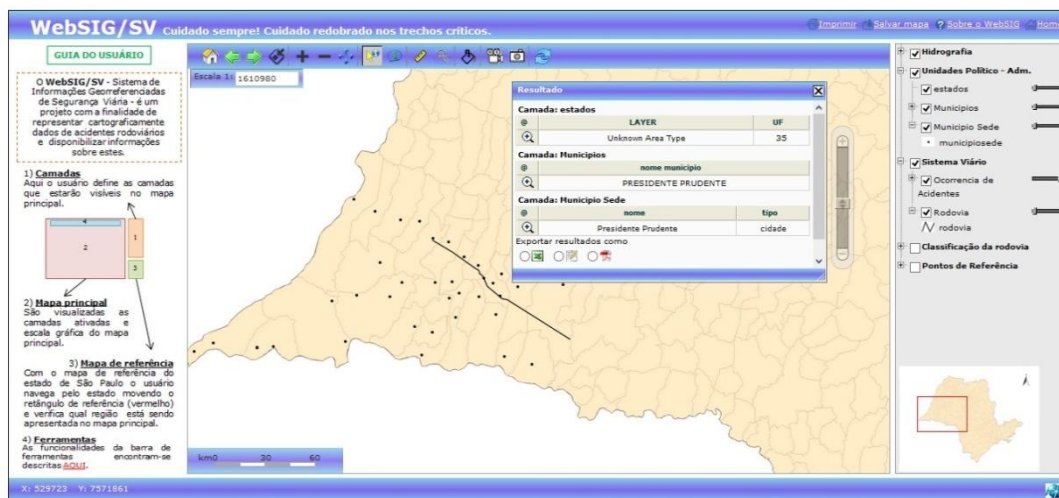



Figura 84 - Visualização da camada "Municípios".

Foram identificados, por meio de consultas no WebSIG/SV 6 municípios no trecho da rodovia SP-270 (Figura 84), 1 Distrito (Espigão) e 1 Distrito Industrial, ambos próximos à maior, dentre as cidades, Presidente Prudente, o que foi comprovado pelos dados das respectivas populações estimadas em 2013 pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) (Tabela 4).

Tabela 4 - Municípios identificados por meio da consulta no WebSIG/SV.

Município	População estimada 2013 (hab.)
Rancharia	29.732
Martinópolis	25.473
Regente Feijó	19.468
Presidente Prudente	218.960
Álvares Machado	24.482
Presidente Bernardes	13.724

Quanto às características da rodovia, trata-se do trecho de uma rodovia Estadual, duplicada, e, cuja base cartográfica é do ano de 2006 e a fonte, o IBGE (Figura 85).

Figura 85 - Dados sobre o trecho de estudo.

Para a avaliação do trecho do experimento (TE) em relação ao da rodovia (TR), optou-se pela ferramenta "Exportar em forma de texto". Com os resultados obtidos foi possível calcular as porcentagens de cada tipo de dado em relação ao trecho do experimento, conforme as seguintes tabelas (5 a 10):

Tabela 5 - Valores e porcentagens do trecho por tipo de vítima.

Km	Com vítima	Sem vítima	Total vítima
TR	702	1179	1881
TE	323	427	750
%	46.01	36.22	39.87

Tabela 6 - Valores e porcentagens do trecho por gravidade do acidente.

Km	Leve	Grave	Fatal
TR	825	220	65
TE	366	69	22
%	44.36	31.36	33.85

Tabela 7 - Valores e porcentagens do trecho para acidentes do tipo colisão.

Km	Traseira	Frontal	Lateral	Transeira
TR	379	21	225	68
TE	198	6	111	21
%	52.24	28.57	49.33	30.88

Tabela 8 - Valores e porcentagens do trecho para tipos de acidentes.

Km	Choque	Atrop. pedestre	Atrop. animais	Tombam.	Capotam.	Sequencia	Engavetam.	Outras
TR	451	36	160	213	119	11	28	170
TE	164	21	24	78	54	6	24	43
%	36.36	58.33	15.00	36.62	45.38	54.55	85.71	25.29

Tabela 9 - Valores e porcentagens do trecho para tipo de veículo envolvido nos acidentes.

Km	Automóvel	Camioneta	Caminhão	Ônibus	Moto	Bicicleta	Outros veículos
TR	52	4	5	3	17	3	1
TE	17	2	2	2	11	2	1
%	32.69	50.00	40.00	66.67	64.71	66.67	100.00

Tabela 10 - Valores e porcentagens do trecho por dias da semana.

Km	Domingo	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Sábado
TR	228	195	272	284	283	316	305
TE	81	78	120	113	116	130	113
%	35.53	40.00	44.12	39.79	40.99	41.14	37.05

Em síntese, o trecho do experimento é responsável por 39,87% do total de vítimas envolvidas nos acidentes, sendo, 44,36% delas do tipo leve, 31,36% do tipo grave e 33% fatais. No trecho também se encontram 58,33% do total de atropelamento de pedestres e 85,71% dos engavetamentos registrados. É possível observar ainda que cerca de 60% dos acidentes envolvendo ônibus, moto e bicicleta também estão localizados neste trecho de 10 quilômetros. Por fim, ele também representa em média aproximadamente 40% de todos os acidentes registrados de domingo a sábado.

Ao visualizar a camada de classificação do trecho da rodovia (Figura 86) observa-se que ela subdivide-se em frações de três cores: verde (trecho não crítico), amarelo (trecho de transição) e vermelho (trecho crítico).

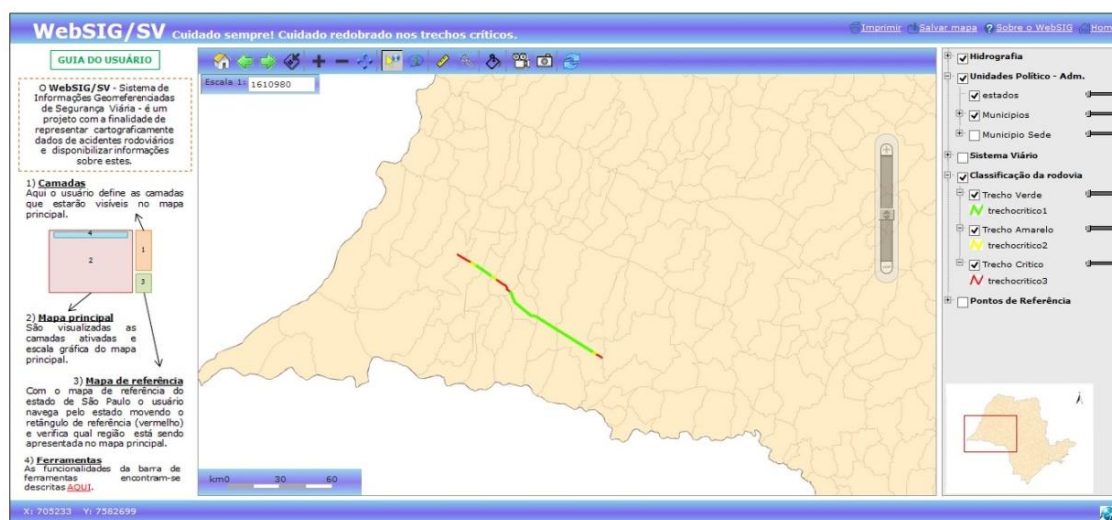



Figura 86 - Visualização da camada "Classificação da rodovia".

Grande parte do trecho da rodovia é classificado como não crítico, na cor verde. Os municípios em que essa classificação é predominantes são: Martinópolis e Regente Feijó.

Entre os trechos verde e vermelho estão os amarelos, que totalizam 3 e caracterizam-se como trechos de transição e por serem os menores. Por fim, os trechos em vermelho, ou trechos críticos, que também aparecem em três locais, estão situados no município de Rancharia, Presidente Prudente e Presidente Bernardes. Nota-se que o trecho do experimento é classificado como crítico.

Quanto aos pontos notáveis que foram coletados em campo e organizados no WebSIG/SV (camada denominada por Pontos de Referência) tem-se a figura 87, a seguir.

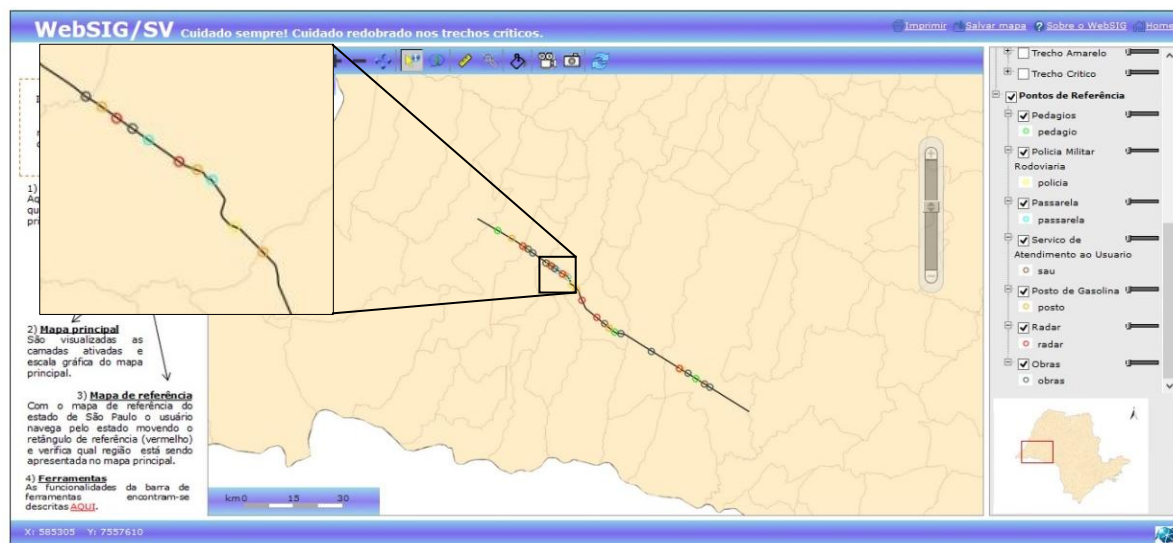



Figura 87 - Visualização da camada “Pontos de referência” e ampliação para o trecho do experimento.

Observa-se que consiste de trecho dotado de infraestrutura e apoio ao usuário. É possível localizar dois Postos da Polícia Militar Rodoviária; dois Serviços de Atendimento ao Usuário (SAU) da CART, e; seis postos de gasolina em funcionamento.

Há também, três pedágios, que contribuem com a melhoria e manutenção da rodovia; seis radares fixos, voltados para a fiscalização dos condutores e monitoramento da rodovia, e; duas passarelas, que garantem a segurança dos pedestres.

O trecho do experimento apresenta oito pontos de obras, de viadutos e duplicação da pista, o que revela um aspecto promissor da segurança, visto que são obras, que, quando finalizadas podem aumentar e segurança da rodovia e impactar positivamente na redução do número de acidentes.

Especificadamente, os pontos no trecho do experimento são mostrados pelo quadrado ampliado na figura 87. A partir dos dados apresentados na camada “Pontos notáveis” foram identificados:

A partir dos dados apresentados na camada “Pontos notáveis” foram identificados:

- Dois radares do tipo fixo, um em cada sentido da rodovia;
- Um posto da Polícia Militar Rodoviária;
- Uma obra no viaduto sobre a Avenida Manuel Goulart na altura do quilômetro 569, iniciada no segundo semestre de 2013;
- Dois postos de combustível em funcionamento, e;
- Duas passarelas.

Até o final do experimento não se obteve nenhuma informação de pedágio ou SAU da CART neste trecho. Outra observação é que 100% das passarelas se concentram no mesmo.

2) Utilização da ferramenta "Consulta Q"

Com essa ferramenta foi possível comparar, visualmente, a situação do trecho da rodovia com o trecho do experimento, por meio de consultas por atributo gerando concentrações dos pontos da camada "Sistema Viário" do WebSIG/SV.

A primeira consulta (Figura 88) foi realizada levando em consideração o número total de vítimas. O resultado que a ferramenta retornou aponta para uma concentração de ocorrências no trecho urbano da rodovia próximo à Presidente Prudente e para um local no município de Presidente Bernardes. Junto da indicação no mapa, também é gerado um relatório com as estatísticas das ocorrências em questão.

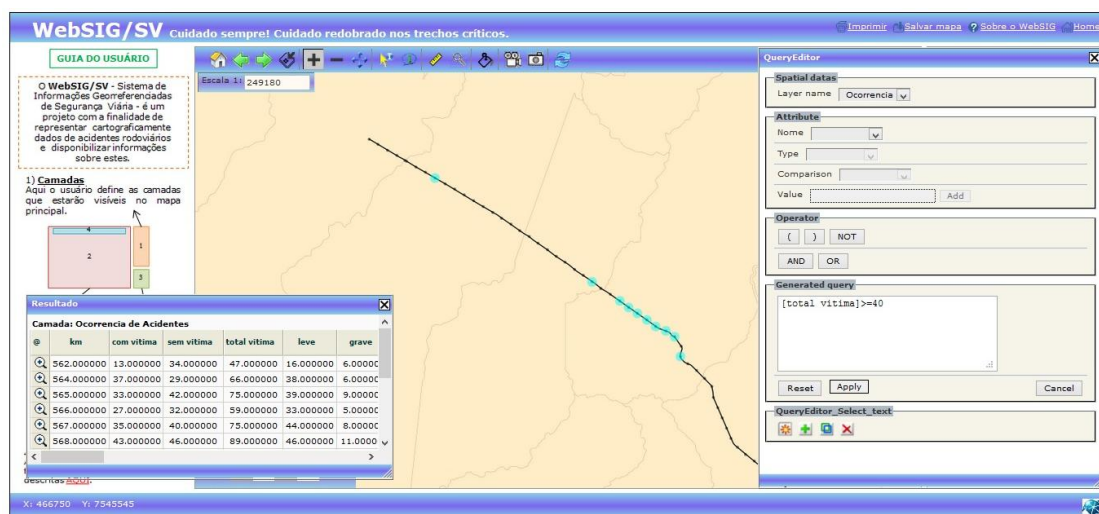



Figura 88 - Indicação das ocorrências no trecho da rodovia.

Esse cenário se repercute até o limite de ocorrência de acidentes, o que confirma a admissão do trecho como crítico (Figura 89).

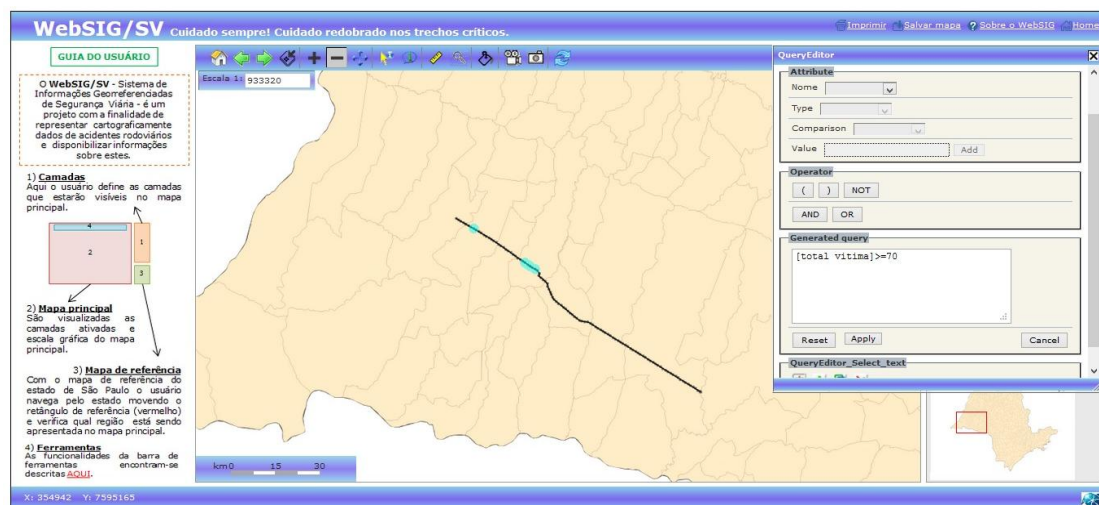



Figura 89 - Destaque para o trecho crítico.

Nota-se pela ilustração da figura 90, que não há concentração considerável de acidentes no trecho da rodovia que passa pelo município de Rancharia, divergindo da classificação da rodovia do WebSIG/SV que aponta um pequeno trecho crítico nesta região.

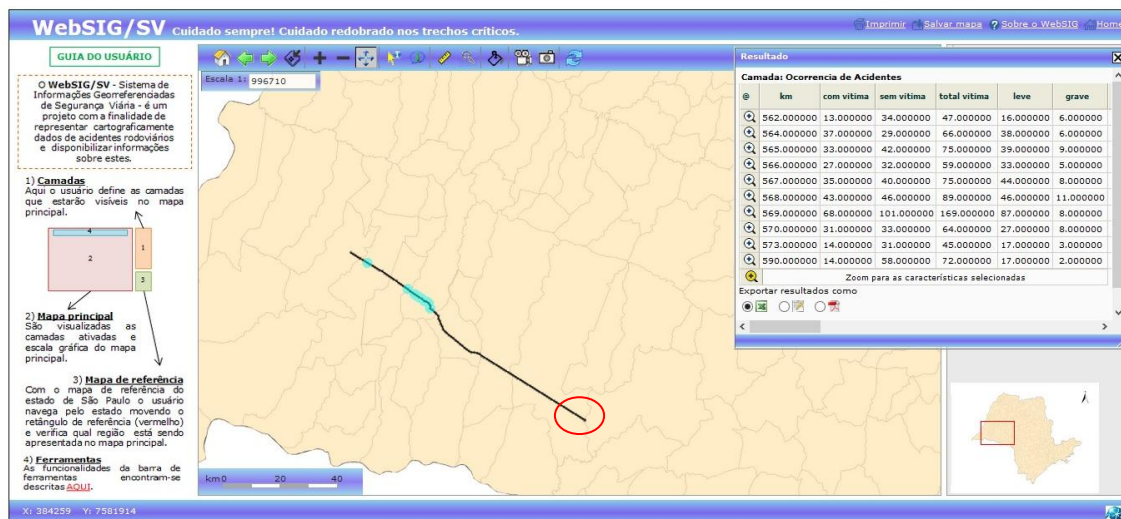



Figura 90 - Identificação do trecho no município de Rancharia.

A avaliação da segurança do local analisado deve ser feita com base nos acidentes graves (FERRAZ et al., 2008). Logo, foi realizada uma pesquisa sobre os locais onde ocorrem os acidentes graves. O resultado obtido (Figura 91) retornou três pontos, sendo eles, os quilômetros 568, 575 e 585. Dos três, o primeiro está no intervalo do trecho do experimento.

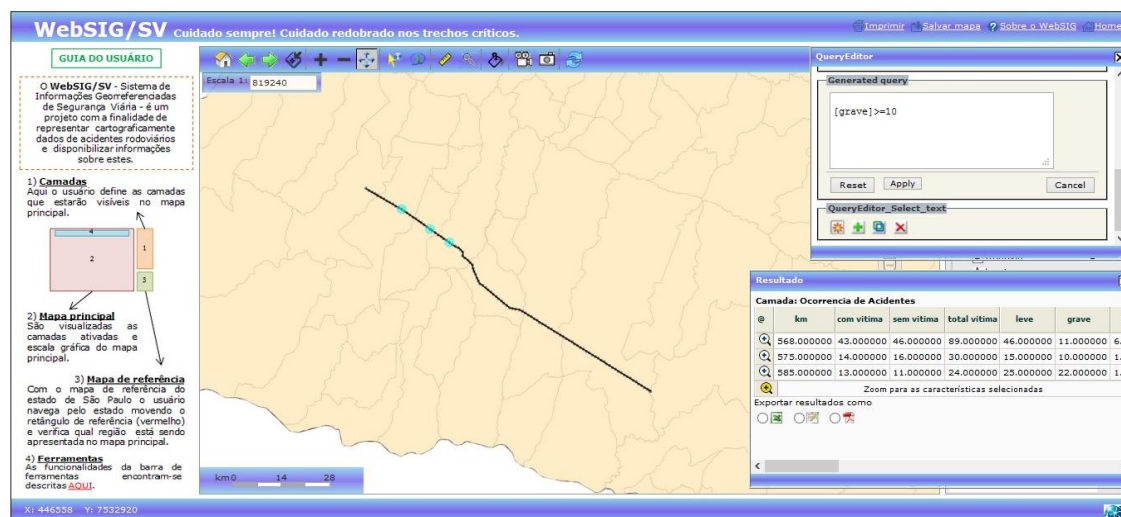



Figura 91 - Localização dos acidentes graves.

Foi feita uma consulta com base na classificação da PMR sobre os pontos críticos, o que resultou numa concentração à oeste do trecho da rodovia, nos municípios de Presidente Prudente, Álvares Machado e Presidente Bernardes (Figura 92).

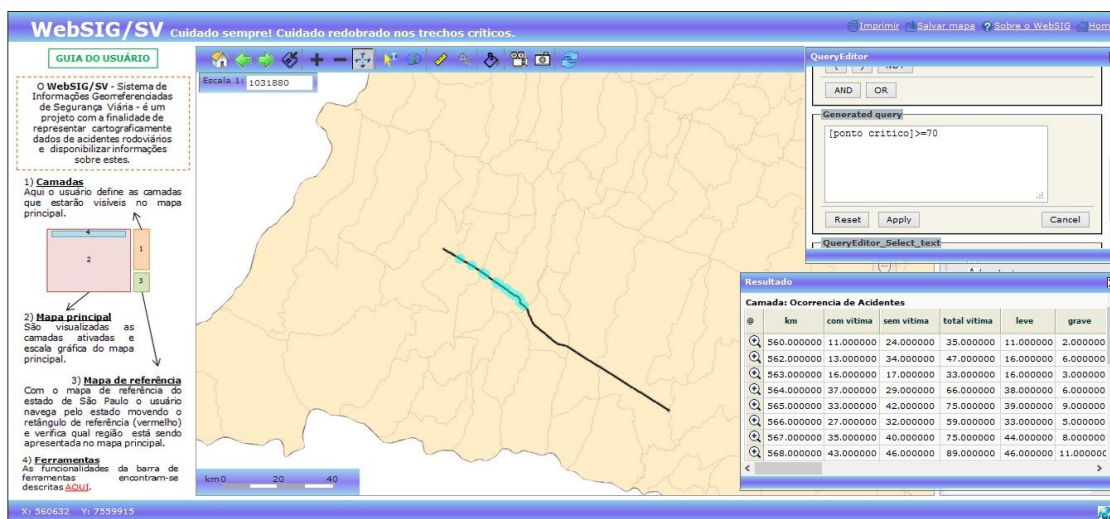



Figura 92 - Localização dos pontos críticos.

Finalmente, é interessante notar nesse trecho da rodovia, essa classificação retorna pontos críticos também nos 30 quilômetros, à oeste do trecho, onde se concentram 50% das obras desse trecho.

6.5 Diagnóstico do trecho

Apresentados os testes da interface de navegação e de dados, propôs-se um diagnóstico para o trecho escolhido no experimento e a validação o WebSIG/SV, apresentados nesta subseção.

A primeira observação pertinente é sobre o trecho escolhido para o experimento. Tratou-se de 10% do trecho da rodovia, o que é um resultado importante, pois confirma os estudos publicados por Picado (2005) que registram que entre 15% e 25% do total de acidentes acontecem apenas em 5% a 10% da extensão da rede viária, o que é um indicador dos resultados potenciais em matéria de segurança decorrentes da aplicação da análise dos trechos críticos.

Os dados apresentados na subseção 6.3 mostram que o trecho do experimento é geometricamente dotado de curvas, mas que, por outro lado, é duplicado. Sobre as considerações internas, os gráficos apresentados indicam que a gravidade dos acidentes predominantes no trecho do tipo leve, com colisões traseiras, engavetamento, capotamento e tombamento; envolvendo automóveis e motos; principalmente nas terças e sextas-feiras. Dos 10 quilômetros do trecho do experimento, três quilômetros foram apontados como os que concentram, de fato, os maiores números de acidente, sendo eles os quilômetros 568, 569 e 570, denominados de trecho crítico.

Sobre as ferramentas desenvolvidas no WebSIG/SV, as que foram testadas, foram validadas, como puderam ser observados nos testes de impressão, informações sobre o WebSIG, exportação de relatório de dados, navegação pelo mapa, etc. A ferramenta de medida de distância também apresentou um resultado satisfatório.

Para o teste da subseção 6.4 o enfoque foi o estudo do trecho levando em consideração o trecho rodoviário, de Rancharia a Presidente Bernardes. As ferramentas relacionadas à consulta ao banco de dados mostraram-se eficazes ao contribuir para conclusões relevantes sobre o trecho do experimento, sendo algumas observações importantes:

- O trecho concentra aproximadamente 40% do total de acidentes com vítimas;
- 65% dos acidentes envolvendo motos e 33% envolvendo automóvel estão neste trecho;
- Nas terças e sexta-feiras, onde se concentram os maiores números de acidentes, 40% e 41% deles, respectivamente, se dá nesse trecho do experimento, ou seja, quase a metade das ocorrências ocorre ali;
- Possui infraestrutura e apoio ao usuário, o que foi comprovado pelo levantamento dos pontos de referência no local.

Uma observação importante é sobre a quantidade de obras reconhecidas no trecho. Há de fato uma preocupação com a melhoria do local, mas deve-se atentar para que um lugar com obras possa representar desvios de rota, grande movimento de máquinas e trabalhadores ao entorno, o que pode, provisoriamente, necessitar de um cuidado redobrado por meio do condutor, principalmente no período da noite e horários em que a obra está sendo realizada.

Os números indicam porcentagens notáveis para esse trecho, caracterizando-o como responsável por cerca de 40% de todos os tipos de ocorrência de acidentes registrados no trecho da rodovia (quilômetros 493 ao 592). Nota-se também que é importante estudar a prevenção por atropelamento de pedestres e engavetamento, já que 80% desse tipo de ocorrência se encontraram no trecho do experimento.

Uma alternativa para diminuir os atropelamentos seria a implantação de mais passarelas nos quilômetros mais críticos.

Ressalta-se também, que o início do trecho do experimento, apesar de concentrar curvas seguidas, não aparece tão crítico quanto este.

Diante desse contexto, de acordo com o DNER (1999) as linhas quebradas ou zigue-zague resultante do traçado “tangente longa-curva” representa a antítese de traçado contínuo. A tangente longa deve ser evitada por constituir-se em um elemento estranho ao projeto, em razão de sua rigidez geométrica, de pouca adaptabilidade às diversas formas da paisagem, e

monótona, já que inteiramente previsível, e perigosa por oferecer extensão estática que convida ao excesso de velocidade, leva o motorista cansado ao sono e favorece o ofuscamento à noite.

A curva é mais interessante por trazer ao campo visual do motorista um maior quinhão de áreas marginais, por oferecer uma visão variada e dinâmica, por estimular o senso de previsão e, principalmente, por proporcionar muito melhor condução ótica, permitindo ver de frente o que na tangente seria visto perifericamente (DNER, 1999).

Em 1994, o pesquisador canadense Gerald Wilde estabeleceu as bases da “Teoria da compensação”, em síntese, quando há mudança no “ambiente do trânsito” com vistas a melhorar a segurança, os usuários trocam o ganho de segurança por ganhos na mobilidade e/ou comodidade. A consequência da teoria de Wilde é que somente seria possível reduzir a acidentalidade viária com mudanças no comportamento das pessoas, de forma que passassem a atuar no trânsito num patamar de segurança mais elevado (FERRAZ et al., 2008).

6.6 Levantamento por SMM

A análise dos resultados obtidos no experimento foi suficiente para concluir que o WebSIG/SV pode validar os trechos rodoviários que foram considerados críticos e também proporcionar futuros monitoramentos e atualizações acerca das modificações na rodovia.

Diante da confirmação do trecho como sendo crítico e da confiabilidade do WebSIG/SV, foi escolhido o local para realização do levantamento móvel da rodovia, o qual foi proposto no início do experimento.

O SMM atualmente disponível na FCT/UNESP segue a linha de pesquisa do sistema apresentado na subseção 3.1, com dois segmentos, o fixo (LaMMov) e o móvel (correspondente à UMMD) com particularidades neste último, denominado agora de UIMAGI (MELO, 2012).

Além de ser adaptável a diferentes veículos, o segmento móvel integra multissensores de baixo custo baseado na plataforma Arduino. As soluções de baixo custo viabilizam o método em escala de produção e em condições adversas.

O sistema é composto por duas UIMAGI (unidade integrada modular para aquisição de imagens georreferenciadas). Cada unidade é composta por uma câmara de vídeo digital, sistema inercial de baixo custo (MEMS-*Micro Elcctro-Mechanical System*), placa Arduino e GPS (*Global Positioning System*) (Figura 93). O par de UIMAGI (figuras 94) pode ser fixado no teto de um veículo para levantar dados para o mapeamento de ruas e rodovias.

Figura 93 - Placa contendo uma IMU/MEMS (www.sparkfun.com) (esq.); receptor GNSS Shield acoplado à PCA com antena externa (lojabrasilrobotics.blogspot.com.br) (centro); câmera digital com lente de alta definição (www.produtopia.com.br) (dir.). Fonte: Melo (2012).

Figura 94 - Sistema: Acoplado no veículo.

Para o levantamento em campo o sistema foi acoplado num veículo oficial da UNESP (Figura 95), que trafegou a uma velocidade de 70 km/h pelo trecho da rodovia Raposo Tavares entre os quilômetros 568 e 573, nos dois sentidos, totalizando 50 minutos.

Figura 95 - Sistema integrado para o levantamento.

A taxa de aquisição das câmaras de vídeo do sistema foi de dois segundos. No LaMMov, as imagens foram transferidas para o computador através de uma ferramenta (toolbox) desenvolvida pela MathWorks® para Matlab que faz a interface através de uma porta serial via USB (*Universal Serial Bus*), e, editadas quadro a quadro. Posteriormente, foram inseridas no WebSIG/SV para complementar a Galeria de fotos (Figura 96). Entende-se

que tais imagens são mais um método de aquisição de informações disponível, enriquecendo o WebSIG com dados confiáveis e reafirmando a contribuição da Cartografia para com a segurança viária.

Figura 96 - Exemplo de três pares de imagens do trecho mapeado inseridas no WebSIG/SV.

Além das imagens, toda a tomada do vídeo também foi disponível para o usuário, o que também vem a contribuir com a visualização do trecho crítico. Para concluir o desenvolvimento do projeto, o WebSIG/SV foi disponibilizado na internet, e encontra-se na página do Laboratório de Mapeamento Móvel da FCT/UNESP – Presidente Prudente: http://www2.fct.unesp.br/grupos/lmm/websig.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com desenvolvimento do projeto alcançou-se o objetivo principal da pesquisa de se contribuir para a visualização e análise de segurança viária também na forma de dados georreferenciados na internet. O WebSIG/SV foi construído e com isso proporcionada a consulta livre para os usuários, condutores que queiram ou necessitem de informações acerca dos setores ou locais de maior risco de acidentalidade, como previsto, alcançando as proposições e metas da pesquisa.

Na fase inicial do projeto, realizou-se uma revisão referente à segurança viária, que recebeu devida importância e contribuiu para o entendimento da adequação e contribuição da Engenharia Cartográfica.

Dando continuidade, métodos e técnicas cartográficas foram explorados, evidenciando novamente, a contribuição e restrições de cada um. Ainda nessa etapa, os estudos relacionados ao projeto cartográfico voltado para visualização foram importantes para fundamentar cartograficamente o sistema que futuramente consolidado.

O estudo e definição de SIG e geoinformação constituíram um resultado importante para a construção do banco de dados, pois permitiram a escolha apropriada dos *softwares* bem como os tipos de dados e tratamentos sugeridos aos mesmos. A aplicação de geoinformação na internet, para segurança viária, têm diversas fontes de dados e, o conhecimento do seu papel na sociedade e forma de análise de acidentes, é valioso para se obter resultados mais realísticos de segurança viária.

Com base na análise da modelagem e construção do WebSIG/SV, conclui-se que a escolha dos tipos de dados e respectivos tratamentos foi impactante na qualidade final do banco de dados.

No estudo sobre *web mapping* foi feita uma introdução geral, os *software*s relacionados à *web mapping* foram descritos, adotando-se o *framework p.mapper* como o elemento principal no desenvolvimento do trabalho. Além disso, a integração entre eles foi relatada.

Então, foi possível, o estudo sobre os componentes do WebSIG: servidor de mapas, banco de dados (PostgreSQL) com extensão espacial (PostGIS), e, as linguagens de *scripting* PHP e *JavaScript*, na qual estão inseridas grande e importante parte de programação no projeto.

Depois da vasta e importante revisão dos conceitos apresentados, deu-se início ao desenvolvimento do WebSIG/SV. Na concepção, foram definidas a área geográfica do estudo, o público alvo, os elementos do mapa e do sistema.

Definido o ambiente de integração do sistema, desenvolveram-se os módulos Interface de navegação, onde foram integradas funções e ferramentas no sistema (aquelas em que o *framework p.mapper* não apresentava suporte) e Interface de dados, voltada para manipulação e visualização de dados provenientes do banco de dados do sistema.

Concluído o desenvolvimento, foi realizado um experimento. Seguem algumas observações pertinentes do mesmo: sobre a função implementada para visualização de trechos de rodovias classificados, em escala de cores, conforme os índices de acidentes a aplicação da técnica de estatística espacial Estimação por Kernel, foi de grande valia como base teórica para a etapa da construção de tal função. Devem ser aplicadas outras técnicas de estatística para avaliar e testar a eficiência de cada uma na tentativa de gerar novas considerações do assunto.

A análise dos resultados obtidos no experimento foi suficiente para caracterizar o trecho como crítico e concluir que o número de ocorrências entre os quilômetros 560 e 570 - mais precisamente entre os quilômetros 568 a 570 - é muito impactante na segurança do trecho da rodovia. Em consequência disso, surge a necessidade de conhecer as características e situação da rodovia neste local e alertar o usuário da mesma.

A utilização do vídeo e das imagens simultaneamente com o trabalho dos observadores proporcionou um ganho considerável na confiabilidade das informações, pois análises puderam ser feitas em escritório com a repetição das imagens, apresentação em câmera lenta, discussões, etc.

De modo geral, com relação ao WebSIG/SV, antes da sua disponibilização, não havia oportunidade de conhecimento e informação da segurança viária nesse trecho crítico pelo usuário, o que contribuiu com a acessibilidade desse tipo de dado. Do ponto de vista financeiro, o uso de técnicas e *softwares* livres proporcionou uma grande economia na aquisição das licenças de programas proprietários similares.

Também ficou clara a possibilidade de servir tanto o usuário comum, quanto o especializado (autoridades, pesquisadores, etc.). O sistema de integração dos dados, da maneira como foi feito - as técnicas que foram utilizadas e o tratamento dos dados - puderam ser usados para tomar decisões no sentido de gerar informações relevantes que, se levadas em consideração, contribuem na caracterização e detecção de locais críticos.

Como recomendações sobre o WebSIG/SV destacam-se: adicionar *links* para páginas com mais detalhes sobre cada ponto notável, por exemplo, para os radares, a página do DER; inserir ferramentas que possibilitem o próprio usuário a construir gráficos; coletar dados sobre a iluminação na rodovia; elaborar um estudo de fluxos e velocidades dos trechos.

Recomenda-se ainda que novos métodos e técnicas sejam explorados, como inserção de bibliotecas de busca por pesquisa e integração com imagens de satélite. Neste sentido também se inserem, a exploração do SMM, na geração de novos produtos que o armazenamento de imagens juntamente com parâmetros de orientação da câmera e posição tem a propiciar, como um banco de imagens georreferenciadas para análise de pontos e feições fotogramétricas.

Outra recomendação se refere a impor restrição de tempo sobre os dados coletados. Sobre isso, Meneses (2001) aponta um item importante e que requer bastante cuidado: recuar muito no tempo pode conduzir à coleta de uma maior quantidade de dados e, consequentemente, o uso de dados que não representem a situação atual e que poderão levar a resultados ambíguos. Por outro lado, usar dados correspondentes a um curto período proporciona uma redução do nível de significância estatística desses dados, por constituir uma amostra reduzida. A solução consiste em encontrar um equilíbrio entre esses dois inconvenientes, o que dependerá do caso a estudar.

Por fim, espera-se manter o monitoramento do sistema e progredir nas contribuições para a segurança do usuário da rodovia através das ações descritas durante todo o projeto de pesquisa.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As potencialidades de um WebSIG são inúmeras, no entanto, percebe-se que o sucesso da aplicação desta tecnologia depende, diretamente, da integração dos seus componentes em dois aspectos, tanto daqueles internos ao SIG, quanto dos que relacionam o SIG com a internet. Sobre a primeira integração, trata da coleta, armazenamento, manipulação dos dados; inclusão de dados espaciais e visualização dos mesmos. Na segunda integração, o servidor de mapas e servidor *web* garantem o sucesso do *web mapping*.

Observa-se que a disponibilidade de *softwares* livres e de código aberto é uma solução passível de desenvolvimento em projetos que demandam certa adaptação individualizada e com recursos restringidos. Especificamente, neste caso, a integração desses *softwares* permite a construção de aplicações completas e com alta qualidade.

A tecnologia integrada ao processo de visualização por meio do sistema de mapeamento móvel forneceu profusão de dados e contemplou o cenário específico, no caso, rodovias. Este cenário, fortemente favorável, tem de ser aproveitado para o aumento do uso do *web mapping*, disseminação da tecnologia de mapeamento móvel e produção da informação georreferenciada, beneficiando assim, um grande número de usuários e fortalecendo processos na tomada de decisão.

A continuidade desse projeto de dissertação de mestrado será consolidada durante a tese de doutorado a ser desenvolvida de 2014 a 2017. Este projeto será voltado para o estudo do fator contribuinte viário e gestão de segurança viária pelo Método do Ponto Crítico com análise de Estatística Espacial e integração com dados de Cartografia e do WebSIG/SV.

Quanto aos aspectos da via, vislumbra-se que a análise estatística pode revelar os trechos críticos. Em tese, tais trechos correspondem à falta de um ou mais fatores de segurança na rodovia, sugerindo assim que a rodovia ou um trecho dela poderia realmente ser um fator contribuinte dos acidentes nesses pontos críticos.

REFERÊNCIAS

ADRIANO, C. M. **Explorando novos modelos de informação hipermídia em ambientes computacionais de apoio à aprendizagem**. Relatório de Projeto de Mestrado, UNICAMP. Campinas, 2000.

ARLETH, M. Problems in screen map design. In: 19th. International Cartographic. **Proceedings…** p. 848-857, Conference, Ottawa, Canada, 1999.

BAILEY, T. C.; GATRELL, A. C. **Interactive spatial data analysis**. Essex: Longman Scientific and Technical, 1995. 413p.

BARBOSA, G. R.; ALMEIDA, A. T. Sistemas de Apoio à Decisão sob o Enfoque de Profissionais de TI e de Decisores. In: **XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Curitiba, 2002.

BASTOS, J. T. **Geografia da mortalidade no trânsito no Brasil**. 150p. Dissertação (Mestrado). Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2011.

BATISTA, C. R.; ULBRICHT, V. R. Sobrecarga do sistema visual em usuários de computadores. In: SOARES, Marcelo M; MARTINS, Laura B; VILLAROUCO, Vilma (orgs.) **Anais do ABERGO 2002**. VII Congresso Latino-Americano de Ergonomia, XII Congresso Brasileiro de Ergonomia e I Seminário Brasileiro de Acessibilidade Integral.; UFPE – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2002.

BERTIN, J. **La graphique et Le traitemente graphique de linformation**. Paris: Flammarion, 1977.

BOS, E. S. **Cartographic symbol design**. Enschede. The Netherlands: ITC, 1984.

BRASIL. **Código de Trânsito Brasileiro – CTB**. Lei 9.503, de 23 de setembro de 1997, Brasília, DF. Disponível em <http://www.denatran.gov.br/ctb.htm> Acessado em 15/11/2011.

BRASIL. Ministério dos Transportes e Ministério da Justiça. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes e Departamento de Polícia Rodoviária Federal. **Acidentes por quilômetro (resumido) – 01/01/2010 a 30/06/2010**. Disponível em: www.dnit.gov.br. Acessado em: 12/10/2012.

BUSCHMANN, F. et al. **Pattern-Oriented Software Architectur**. A System of Patterns, John Wiley & Sons, 1996.

CÂMARA, G.; CARVALHO, M. **Análise de processos pontuais**. São José dos Campos, 2001. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap2-eventos.pdf. Acesso em: 06/05/2013.

CÂMARA, G. et al. **Análise Espacial e Geoprocessamento**. São José dos Campos, 1996.

CÂMARA, G. et al. Análise espacial de áreas. In: **Análise espacial de dados geográficos**. Distrito Federal - DF: Embrapa Cerrados, 2004.

CARTWRIGHT, W. et al. **Geospatial Information Visualization User Interface**. 2001.

CASANOVA, M. A. et al. **Banco de Dados Geográficos.** Ed MundoGEO. Curitiba, 2005, 506p.

CESTA, A. A. **Tutorial: A linguagem de programação JavaTM e Orientação a Objetos**. UNICAMP. Campinas, 2009.

CHAGAS, D. M. **Estudo sobre fatores contribuintes de acidentes de trânsito urbano**. 114p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

CNM. **Estudos Técnicos – Mapeamento das Mortes por Acidentes de Trânsito**. Confederação Nacional de Municípios, 2009.

CONSÓRCIO JPG – PRIME. **Trecho Norte do Rodoanel Mario Covas: Estudo de Impacto Ambiental**. São Paulo, 2010.

CNT. **Pesquisa Rodoviária 2006**. Confederação Nacional do Transportes. Disponível em: http://www.sistemacnt.org.br/pesquisacntrodovias/2006/. Acessado em: 12/10/2012.

CÔRTES, S. C.; LUCENA. C. J. P. **Um Framework de Regras Ativas para Sistemas de Gerência de Banco de Dados Distribuído**. PUC-RIO. Rio de Janeiro, 2001.

DALCIN, T. **Qualidade da informação na adoção do software LAMPS2 na 1ª. Divisão de Levantamento – Exército Brasileiro**. 91p . Trabalho de conclusão de curso (Graduação em

Administração) da Escola de Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

DATE, C. J. Introdução a Sistema de Banco de Dados. Editora Campus, 2000.

DAVENPORT, T. H. **Ecologia da informação: por que só tecnologia não basta para o sucesso na era da informação**. Ed. Futura. São Paulo, 2002.

DELAZARI, L. S. **Modelagem e implementação de um Atlas Eletrônico Interativo utilizando métodos de visualização cartográfica**. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

DENT, B. D. **Cartography: thematic map design**. 4ed. Dubuque: WCB, 1996, 434p.

DER. **Classificação e Codificação de Rodovias Estaduais**. Departamento de Estradas de Rodagem – Secretaria dos Transportes. São Paulo, 2005.

DER. **Serviços online - Web Rot**as. Departamento de Estradas de Rodagem – Secretaria de Logística e Transportes, 2013. Disponível em: http://www.der.sp.gov.br/website/Servicos/webrotas.aspx. Acesso em: 10/03/2013.

DESTRO, J. N. **Modelo para Webmap: um estudo de caso**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

DETRAN-SP. **Departamento Estadual de Trânsito: Dicas de direção defensiva**, 2009. Disponível em: <http://www.detran.sp.gov.br/renovacao/direcao_defensiva.asp> Acessado em 17/11/2011

DNER. **Manual de projeto geométrico de rodovias rurais**. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Rio de Janeiro, 1999.

DNIT. **Manual de Estudos de Tráfego**. Ministério dos Transportes – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro, 2006.

DOT. **Model Minimum Uniform Crash Criteria: MMUCC Guideline**. Governous Highway Safety Association. Vehicle Crashes Spatial Patterns. Accident Analysis and Prevention, v. 27, p. 663-674, 2008.

DYKES, J.; MACEACHREN, A. M.; KRAAK, M. J. **Exploring Geovisualization**. Ed. Pergamon. Amsterdam, 2005.

ELMASRI, R.; NAVATHE, S. **Fundamentals of Database Systems**. Pearson Education, 2004.

ELVIK, R. et al. **The handbook of road safety measures**. 2 ed. Bingley: Emerald, 2009. 1124p.

ENGLER, D. R.; KAASHOEK, M. F.; O'TOOLE, J. JR. Exokernel: An Operating System Architecture for Application-Level Resource Management. In: 15th. **Symposium on Oper**. System Prin., ACM, 1995.

ERDOGAN, S.; Yilmaz I.; Baybura T. and Gullu M. **Geographical Information Systems Aided Traffic Accident Analysis System Case Study**: City of Afyonkarahisar, Accident Analysis and Prevention, Vol. (40), 174–181, 2008.

ESRI. **ESRI Shapefile Technical Description - An ESRI White Paper**, 1998. Disponível em: http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shape_le.pdf. Acesso em: 21/11/2012.

ESRI, ArcGIS 9, **What is ArcGIS 9.2?** ESRI: Redlands, California, EUA, 2006.

FAYAD, M. E.; SCHIMIDT, D. C.; JOHNSON, R. E. **Implementing application frameworks: object-oriented frameworks at work**. New York: J. Wiley, 1999a.

FAYAD, M. E.; SCHIMIDT, D. C.; JOHNSON, R. E. **Building application frameworks: object-oriented foundations of framework design**. New York: J. Wiley. 664 p., 1999b.

FERRAZ, A. C. P. et al. **Segurança no Trânsito**. Ed. Grupo Gráfico São Francisco. São Carlos, 2008.

FRANÇA, A. M.; GOLDNER L. G. Caracterização dos acidentes de trânsito em rodovias utilizando um sistema de informações geográficas. In: do Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, **Anais…** Florianópolis, 2006.

FREITAS, M. K. **Estudo de casos de implantação de sistema de informações geográficas em prefeituras municipais no estado de São Paulo.** Dissertação (Mestrado). Pós-graduação do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos, 1997.

FREITAS, O. B. **MidasX: Um Framework de Middleware Baseado em Arquitetura de Software**. Trabalho de Graduação da Universidade Federal de Pernanbuco UFPE. Pernanbuco, 2007.

FURLANETTI, L. R. T. **Projeto cartográfico para Web Mapas: um caso aplicado ao ecoturismo da Ponta do Gravatá – Florianópolis – SC**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

GLADWELL, M. **Wrong turn: How the fight to make America's highways safer off course**. The New Yorker, p. 50-61, 2001.

GOMES, J. M.; VELHO, L. **Computação Visual: Imagens.** Rio, SBM, 1995.

GAMMA, E. et al. **Design Patterns – elements of reusable object-oriented software**. Reading, MA: Addison-Wesley, 1995.

GREENWOOD, M.; YULE, G. U. An inquiery into the nature of frequency distributilns representative of multiple happenings, with particular reference to the occurrence of multiple attacks of dicease and repeated accidents. **Journal of the Royal Statistical Society**, 83, 1920: 255-279.

GUERRA, H. O. **Análise para o desenvolvimento de um sistema de gerência de Banco de dados geográficos de infra-estrutura de Transportes**. 179p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília. Brasília, 2007.

HAUER, E. **Observational before-after studies in Road safety**. Bingley: Emerald, 2007.

HOFFMANN, M. H. **Comportamento do condutor e fenômenos psicológicos**. Psicologia: pesquisa e trânsito, v. 1, n.1, p. 17-24, 2005.

IBGE. **IBGE Cidades@**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2013. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=354140. Acesso em: 22/04/2013.

IPEA/ANTP. **Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas aglomerações urbanas brasileiras**. Relatório Executivo. Brasília, 2003.

JACOMO, C. A. et al. Aplicação de técnicas de estatística espacial na caracterização dos casos de dengue no município de Presidente Prudente – SP no período de 1999 a 2007. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias de Geoinformação, III. **Anais...** Recife, 2010.

JENNY, B.; JENNY, H.; RABER, S. Map design for the internet. In: PETERSON, M.P. **International Perspectives on Maps and the Internet**. Berlin; Heidelberg; New York: Springer-Verlag, 2008.

JOHNSON, R. E. **Reusing Object-Oriented Design**. In: Technical Report UIUCDCS 91-1696. University of Illinois, 1991.

KAGAN, H. et al. Uso de Sistemas de Informações Geográficas no Planejamento de Transportes. In: Congresso nacional da ANPET, **Anais...** V. II, p. 894-909, Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes. Rio de Janeiro, 1992.

KARNAUKHOVA, E. **Proposta de cartografia geoecológica aplicada ao planejamento territorial**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

KRAAK, M. J.; BROWN, A. **Web Cartography – developments and propects**. 2001

KRAAK, M. J.; ORMELING, F.J. **Cartography, visualization of spatial data**. 1996.

KUROSE, J. F.; ROSS, K. W. **Redes de computadores e a Internet: uma abordagem top-dow**n. 3 ed. São Paulo, 2006.

LABTRANS. **Sistema de Georreferenciamento de Informações Viárias-SGV**. Laboratório de Transportes e Logística, UFSC. Florianópolis, 2013. Disponível em: http://www.labtrans.ufsc.br/. Acesso em: 12/03/2013.

LEHFELD, G. M. **16 Highway safety program Standards the purpose of each**. US Department of Transportation, Federal Highway Administration and Nacional Safety Bureau, 1979.

LEMES, J. C. **Polícia registra 200 multas por excesso de velocidade no 1° dia de operação**. Ifronteira. Presidente Prudente, 2011. Disponível em: http://www.ifronteira.com/noticia-regiao-566. Acesso em: 05/10/2011.

LESCHKE, T. Achieving Speed and Flexibility by Separating Management from Protection: Embracing the Exokernel Operating System. **Operating Systems Review**, Vol. 38, 2004.

LIMA, E. P.; LEZANA, A. G. R. Desenvolvimento de um Framework para estudar a ação organizacional: das competências ao modelo organizacional. **Revista Gestão e Produção**, Vol. 12, n. 2, PUCPR. Curitiba, 2005.

LOCH, R. E. N. **Cartografia: representação, comunicação e visualização de dados espaciais**. Ed. USFC. Florianópolis, 2005.

MACEACHREN, A. M. **Some truth with maps: a primer on symbolization and design**. 1ª. ed., AAG, 1994. 129p.

MANSO, B. P. **Acidentes de trânsito matam 980 mil pessoas no Brasil em 31 anos**. Disponível em: http://www.estadao.com.br/noticias/cidades,acidentes-de-transito-matam-980-mil-pessoas-no-brasil-em-31-anos,1099082,0.htm Acesso em: 07/12/2013.

MANTOVANI, V. R. **Proposta de um sistema integrado de gestão em segurança de tráfego – SIG SET**. 175p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2004.

MARISCO, N. **Web Mapas Interativos como Interface aos Dados Geoespaciais: Uma Abordagem utilizando-se Tecnologias Fontes Abertas**. Tese (Doutorado) da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

MARTINELLI, M. **Curso de cartografia temática**. Ed. Contexto. São Paulo, 1991.

MATSUMOTO, P. S. S.; FLORES, E. F. Estatística espacial na geografia: um estudo dos acidentes de trânsito em Presidente Prudente – SP. **Revista GeoAtos**, n.12, v.1, 2012, p.95-113.

MATTSSON. M. **Evolution and Composition Object-Oriented Frameworks**. Tese PhD, University of Karlskrona/Ronneby - Department of Software Engineering and Computer Science, 2000.

MEDEIROS, A. M. L. Por dentro do Mapserver. **Revista FOSSGIS Brasil**, Vol. 1 n.3, 2011. Disponível em: www.fossgisbrasil.com.br. Acesso em: 06/02/2013.

MEDEIROS, A. M. L. **Aplicativos Internos ao MapServer**, 2012. Disponível em: http://andersonmedeiros.com/aplicativos-executaveis-internos-ao-mapserver/. Acesso em: 07/02/2013.

MELO, E. R. **Desenvolvimento de um sistema multissensorial para Mapeamento móvel de baixo custo baseado na plataforma Arduino**. Relatório Iniciação científica, FAPESP. 2012.

MENDONÇA, A. L. A. **Avaliação de Interfaces para mapas funcionais na web**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009.

MENDONÇA, A. Confusões comuns no mundo das geotecnologias. **Revista FOSSGIS**. Brasil, 2011.

MENEGUETTE, A. **Sistemas de Informação Geográfica como uma tecnologia integradora: contexto, conceitos e definições**. Projeto Courseware em Ciências Cartográficas. UNESP – Campus de Presidente Prudente. Faculdade de Ciências e Tecnologia, 1998.

MENESES, F. A. B. **Análise e tratamento de trechos rodoviários críticos em ambientes de grandes centros urbanos**. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, Rio de Janeiro, 2001.

MILLER, H.; SHAW, S. **Geographic Information Systems for Transportation – principles and applications**. Oxford University Press, New York, 2001.

MITCHELL, T. **Web Mapping Illustrated**. O'Reily, 2005.

MORETTI, E. Entrevista. **Revista FOSSGIS Brasil**, Vol. 1 n.3, 2011. Disponível em: www.fossgisbrasil.com.br. Acesso em: 06/02/2013.

MOUKARZEL, P. E. **A utilização de radares eletrônicos nas rodovias estaduais de Santa Catarina**. Especialização em Segurança Pública da Universidade do Sul de Santa Catarina. Florianópolis, 1999.

MT. **Relatório final: Revisão da Metodologia e Resultados – 15/11/01 a 17/10/04**. Ministério dos Transportes, 2004.

MT. **Número de condutores envolvidos por sexo e idade do condutor**. Ministério dos Transportes, Quadro 0302, 2011.

NATURE Mapping Opportunities. **Revista Britânica**. V. 427, 2004. Disponível em: http://www.nature.com/nature/index.html.

NETTO, G. **Acidentes com vítimas crescem 50% na região de Presidente Prudente**. Disponível em: www.ifronteira.com/noticia-regiao-54172. Acessado em: 19/11/2013.

NUNES, M. P. Uso de linguagens de script como ferramentas de apoio ao ensino. In: **Semana Acadêmica de Engenharia de Computação**, p. 71-81. Rio Grande, 1999.

OLIVEIRA, E. B. **Implementação do módulo de interseção fotogramétrica em um banco de imagens georreferenciadas**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas da Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, 2003.

ONUBR. Nações Unidas do Brasil. **Década de Ação pelo Trânsito Seguro 2011-2020 é lançada oficialmente hoje (11) em todo o mundo**. Disponível em: http://www.onu.org.br/decada-de-acao-pelo-transito-seguro-2011-2020-e-lancada-oficialmente-hoje-11-em-todo-o-mundo/. Acesso em: 28/08/2013.

ORTH, D. M.; DIESEL, L.; SILVA, S. R. Mapeando o Risco. Uma Contribuição Tecnológica para a Gestão Urbana. Capítulo do Livro: **Dano Ambiental na Sociedade de Risco.** Organizado por Prof. Dr. José Rubens Morato Leite. ECV/UFSC. Florianópolis, 2008.

PARMA, G. C. Mapas Cadastrais na Internet: Servidores de mapas. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XIII, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2007.

PEDROSA, I. **Da cor à cor inexistente**. 7.ed. Rio de Janeiro: Léo Christiano. 1999. 224p.

PENG, Z-R.; TSOU, M-H. **Internet Gis – Distributed GIS for the internet and wireless network**. EUA: Wiley & Sons, 2003.

PETERSON, M. P. **Elements of Multimedia Cartography**. In Cartwright, W.; PETERSON, M. P.; GARTNER, G. (ed.) Multimedia Cartography. 2 ed. Berlin: Springer-Verlag, 2007.

PHP, **Manual do PHP**, 2013. Disponível em http://php.net/manual/pt_BR/index-.php. Acesso em: 20/03/2013.

PICADO, J. **Manual La ingeniería de Tránsito y La Gestion de Seguridad Vial**. San José, Costa Rica, 2005.

PIENTRANTONIO, H. **Manual de procedimento de pesquisa para análise de conflitos de tráfego em interseções**. São Paulo: Seção de Engenharia de Tráfego e Transporte de Passageiro – IPT (1991).

PINTO, S. C. C. S. **Composição em WebFrameworks**. Tese (Doutorado) da Pontifícia Universidade Católica-RJ. Rio de Janeiro, 2000.

PMAPPER. **A MapServer PHP/MapScript Framework**. 2009. Disponível em: http://www.pmapper.net/. Acessado em: 04/11/2013.

PMAPPER. **Fac: Customizations – Creating dialog**, 2011. Disponível em: svn.pmapper.net/trac/wila/fac.customizations. Acessado em: 04/11/2013.

PREE, W. **Design Patterns for Object-Oriented Software Development**. Addison-Wesley, 1995.

RAMOS, C. S. **Visualização cartográfica e cartografia multimídia: conceitos e tecnologias**. Ed. UNESP. São Paulo, 2005.

ROBBI, C. **Um sistema para visualização de informações cartográficas para planejamento urbano**. Tese (Doutorado) do Curso de Computação Aplicada do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE. São José dos Campos, 2000.

ROBINSON, A. M. et al. **Element of cartography**. New York, John Wiley & Sons, 1995.

RODRIGUES, N. I. V. **Estudo da segurança rodoviária duma rede regional de estradas nacionais**. Dissertação (Mestrado) da Escola Superior de Tecnologia e de Gestão do Instituto Politécnico de Bragança. Bragança, 2012.

SANTOS, J. N.; SILVA, J. A. S. **Linguagem Java Script.** Taquara, 2010.

SANTOS JUNIOR, W. M.; RIBEIRO, G. P. Qualidade dos dados geográficos disponibilizados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica na |Internet. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, IV, **Anais...,**Recife, 2012.

SANTOS, S. M.; SOUZA, W. V. **Introdução à Estatística Espacial para a Saúde Pública**. Brasília: Ministério da saúde, 2007. 122p.

SEADE. **Atlas SEADE da Economia Paulista**. Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados, 2004. Disponível em: http://www.seade.gov.br/produtos/atlasecon/intro/cap4_intro.pdf. Acesso em: 10/03/2013.

SECO, A. J. da M. et al. **Manual do Planejamento de acessibilidades e transportes – Segurança Rodoviária**. Comissão de coordenação e desenvolvimento regional do norte, Portugal, 2008.

SEGANTINE, P. C. L. **Estudo do Sinergismo entre os Sistemas de Informação Geográfica e o de Posicionamento Global**. Trabalho apresentado para obtenção do título de Livre-Docente. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

SILVA, A. N. R. da. **Sistemas de Informações Geográficas para planejamento de transportes**. Dissertação (Mestrado) da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 1998.

SILVA, R. P. **Suporte ao Desenvolvimento e Uso de Frameworks e Componentes**. Tese de Doutorado, UFRGS. Porto Alegre, 2000

SILVA, R. **Banco de dados geográficos: uma análise das arquiteturas dual (Spring) e integrada (Oracle Spatial)**. Dissertação (Mestrado) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

SILVA, A. P. **Gestão de acidentes na cidade universitária "Zeferino Vaz" com o uso de geotecnologias e *softwares* livres**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2009.

SILVA, J. F. C. et al. Aplicações e Potencialidades do Mapeamento Móvel. In: Simpósio Brasileiro de Geomática. **Anais...** Presidente Prudente, 2012.

SILVA, K. C. R. **Aplicação do modelo de previsão de acidentes do HSM em rodovias de pista simples do Estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado) da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2011.

SILVA, M. S. **JavaScript-Guia do Programador**. Ed. Novatec. São Paulo, 2010.

SOLGATE, V. R. **Apostila sobre o banco de dados Postgre**, 2005.

SOUZA, C. S. et al. **Projeto de interfaces de usuários: perspectivas cognitivas e semióticas**. 2002.

SZYPERSKI, C. **Component Software: Beyond Object-Oriented Programming**. Addison-Wesley, 1997.

TANENBAUM, A. S.; VAN STEEN, M. R. **Distributed Systems: Principles and Paradigms, Upper Saddle River**. Prentice Hall, 2002.

TANENBAUM, A. S.; WOODHULL, A. S. **Sistemas Operacionais – Projeto e Implementação**. Ed. Bookman, 3 ed. Porto Alegre, 2008.

TAYLOR, F. **Modern Cartography: visualization in modern Cartography**, 1994.

TOMAZ, F. E. **Linguagem de Programação de Script para Elaboração de Conteúdo Dinâmico na WWW**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Regional de Blumenau. Blumenau, 2001.

TRINDADE JÚNIOR, R.; BRAGA, M. G. C. **Avaliação das informações estatísticas de acidentes de trânsito disponíveis nos sites dos departamentos estaduais de trânsito do Brasil**. Disponível em: http://www.sinaldetransito.com.br/, 2005.

UCHOA, H. N.; FERREIRA, R. **Geoprocessamento com software livre**. 2004.

VANI, B. C. **Concepção e Implementação de um Sistema de Controle de Arborização Urbana através de Integração de Softwares Livres e de Código Aberto** (Trabalho de Conclusão de Curso), UNESP. Presidente Prudente, 2011.

VANI, B. C.; SHIMABUKURO, M. H.; TSUCHYA, I. TREE-SIGW: um estudo de caso para a concepção de um SIG-WEB pela integração de softwares livres e uso de padrões abertos. In: Simpósio Brasileiro de Geomática. **Anais…**Presidente Prudente, 2012.

WHO - World Health Organization. **World report on road traffic injury prevention**. 2004.

YOU, M. et al. Usability Evaluation of Web Map Zoom and Pan Functions. **International Jornal of Design**. Vol. 1 n. 1, 2007.

APÊNDICE A – Modelo de dados relacional WebSIG/SV

vitimas
idvitimas INT
leve BINARY
graves BINARY
fatais BINARY
tipo de vitima_idtipo de vitima INT
perimetro urbano_idperimetro urbano INT
tipo de acidente_idtipo de acidente INT
Indexes
vitimas_has_pontos criticos
vitimas_idvitimas INT
vitimas_tipo de vitima_idtipo de vitima INT
vitimas_perimetro urbano_idperimetro urbano INT
vitimas_tipo de acidente_idtipo de acidente INT
pontos criticos_idpontos criticos INT
Indexes
acidente
idacidente INT
c/s vitimas BINARY
tipo de acidente_idtipo de acidente INT
Indexes
acidente_has_pontos criticos
acidente_idacidente INT
acidente_tipo de acidente_idtipo de acidente INT
pontos criticos_idpontos criticos INT
Indexes
pontos criticos
idpontos criticos INT
rodovia VARCHAR(45)
Indexes
tipo de acidente
idtipo de acidente INT
colisao_idcolisao INT
Indexes
km
idkm INT
inteiro INT
fracional FLOAT4
perimetro urbano_idperimetro urbano INT
pontos criticos_idpontos criticos INT
Indexes
perimetro urbano
idperimetro urbano INT
Indexes
perimetro urbano_has_acidente
perimetro urbano_idperimetro urbano INT
acidente_idacidente INT
acidente_tipo de acidente_idtipo de acidente INT
Indexes
tipo de vitima
idtipo de vitima INT
data DATE
hora TIME
municipio VARCHAR(45)
rodovia VARCHAR(45)
colisao_idcolisao INT
Indexes
colisao
idcolisao INT
tipo VARCHAR(45)
perimetro urbano_idperimetro urbano INT
colisao_traseira BOOLEAN
colisao_frontal BOOLEAN
colisao_lateral BOOLEAN
colisao_transeira BOOLEAN
choque BOOLEAN
atropelamento_ped BOOLEAN
atropelamento_ani BOOLEAN
tombamento BOOLEAN
capotamento BOOLEAN
sequencia BOOLEAN
engavetamento BOOLEAN
outros BOOLEAN
Indexes
tipo de acidente_has_km
tipo de acidente_idtipo de acidente INT
km_idkm INT
km_inteiro INT
km_fracional FLOAT4
km_perimetro urbano_idperimetro urbano INT
km_pontos criticos_idpontos criticos INT
Indexes
tipo de vitima_has_km
tipo de vitima_idtipo de vitima INT
km_idkm INT
km_inteiro INT
km_fracional FLOAT4
km_perimetro urbano_idperimetro urbano INT
Indexes
km_has_dias da semana
km_idkm INT
km_inteiro INT
km_fracional FLOAT4
km_perimetro urbano_idperimetro urbano INT
km_pontos criticos_idpontos criticos INT
dias da semana_iddias da semana INT
dias da semana_dia DATE
Indexes
veiculos
idveiculos INT
automovel BOOLEAN
camoneta BOOLEAN
caminhao BOOLEAN
onibus BOOLEAN
moto BOOLEAN
Indexes
km_has_km X horario
km_idkm INT
km_inteiro INT
km_fracional FLOAT4
km_perimetro urbano_idperimetro urbano INT
km_pontos criticos_idpontos criticos INT
km X horario_idkm X horario INT
km X horario_data DATE
Indexes
tipo de vitima_has_veiculos
tipo de vitima_idtipo de vitima INT
veiculos_idveiculos INT
Indexes
km X horario
idkm X horario INT
hora TIME
data DATE
Indexes
dias da semana
iddias da semana INT
dia DATE
Indexes

APÊNDICE B – Arquivo *pmapper_demo.map*

```
###################################################################################################
# Adapt settings in map file <tt>pmapper_demo.map</tt> for the following tags to match settings
# on your machine (see additionally MapServer documentation for detailed information):
#
#  MAP
#    SHAPEPATH
#    FONTSET
#    SYMBOLSET
#
#  WEB
#    IMAGEPATH
#    IMAGEURL
#
###################################################################################################

#
# Start of map file
#
MAP
#EXTENT  1988372 1400000 6411627 5400000
#EXTENT -111.42680887715 -39.3925675209 5.32903087715011 9.49014852081
#EXTENT 332419 6508951 615193 8568159
#EXTENT 332419 6508951 615193 7568159
 #      -       -       +       +
 #EXTENT 432419 7508951 515193 7568159

EXTENT 133659 7129449 1328786   7920749

UNITS meters
#EXTENT -15 30 40 70
#UNITS dd
SIZE 600 500
FONTSET "../common/fonts/msfontset.txt"
RESOLUTION 96
IMAGETYPE png
INTERLACE OFF
#CONFIG "PROJ_LIB" "C:/proj/nad/"
PROJECTION
  # ETRS-LAEA
  #"init=epsg:3035"
  #"+proj=laea +lat_0=52 +lon_0=10 +x_0=4321000 +y_0=3210000 +ellps=GRS80 +units=m +no_defs  no_defs"
END



#
# Start of web interface definition
#
WEB
  TEMPLATE "map.html"
  IMAGEPATH "/ms4w/tmp/ms_tmp/"
  IMAGEURL "/ms_tmp/"
  METADATA
    #"MAPFILE_ENCODING" "ISO-8859-1"
    #"ows_title"      "WMS Demo Server"
    #"ows_onlineresource" "http://wms.yourserver.org?owskey=test&"
    #"ows_srs"        "EPSG:3035 EPSG:4326"
  END  # Metadata
END  # Web

#
# Start of Reference map definition
#  EXTENT 1496247 1332616 7055632 5502154 #2200000 1400000 8000000 5400000
EXTENT 133659 7129449 1328786   7920749
  IMAGE "../../images/SaoPaulo5.png"
  SIZE 199 149
  COLOR -1 -1 -1
  OUTLINECOLOR 255 0 0
END  # Reference

LEGEND
END

#
# Start of ScaleBar definition
#
SCALEBAR
  STATUS off
  TRANSPARENT off
  INTERVALS 4
  SIZE 200 3
  UNITS kilometers
  #COLOR 250 250 250
  COLOR 0 0 0
  OUTLINECOLOR 0 0 0
  BACKGROUNDCOLOR 100 100 100
  STYLE 0
  POSTLABELCACHE true
  LABEL
    COLOR 0 0 0
```

```
# SYMBOLS USED IN PMAPPER
# - 'circle' always necessary (used e.g. for highlight)
# - 'square' used in currecnt map file
# Symbols can also be defined via tag SYMBOLSET (see above)
Symbol
  Name 'circle'
  Type ELLIPSE
  Filled TRUE
  Points
    1 1
  END
END

Symbol
  Name 'square'
  Type VECTOR
  Filled TRUE
  Points
    0 1
    0 0
    1 0
    1 1
    0 1
  END
END


#================== START OF LAYER SECTION =====================#


# Start of Layer Estados.shp
#
LAYER
  NAME "estados"

   TYPE polygon
  DATA "Export_Output_massa_unidades_SIRGAS"
  TRANSPARENCY 100
  TEMPLATE void
  PROJECTION
    #"init=epsg:4326"
    #"+proj=longlat +ellps=WGS84 +datum=WGS84 +no_defs  no_defs"
  END
  METADATA
    #"DESCRIPTION" "Estados"
    #"RESULT_FIELDS" "UF"
    #"RESULT_HEADERS" "UF"
   #"ows_title"      "estados"
  END  # Metadata
  CLASS


        #Name 'estados'
        STYLE
            WIDTH 1
            #COLOR 207 207 207
            COLOR 210 180 140
            OUTLINECOLOR 79 79 79

        END
    #Name 'estados'
    #SYMBOL 'square'
 TYPE polygon
 DATA "Export_Output_7_SIRGAS_areas"
 TRANSPARENCY 100
 TEMPLATE void
 PROJECTION
   #"init=epsg:4326"
   #"+proj=longlat +ellps=WGS84 +datum=WGS84 +no_defs  no_defs"
 END
```

```
  METADATA
    #"DESCRIPTION" "Estados"
    #"RESULT_FIELDS" "UF"
    #"RESULT_HEADERS" "UF"
   #"ows_title"      "estados"
  END  # Metadata
  CLASS


          #Name 'estados'
      STYLE
          WIDTH 1
          #COLOR 207 207 207
          #COLOR 255 255 255
          COLOR 255 247 229
          OUTLINECOLOR  217 1960 150

      END
    #Name 'estados'
    #SYMBOL 'square'
    #SIZE 9
    #COLOR 200 254 199
    #OUTLINECOLOR 0 0 0
  END  # Class
# Start of Layer Municipios.shp
#
LAYER
  NAME "municipios"
  TYPE polygon
  DATA "Export_Output_9"
  TRANSPARENCY 100
  TEMPLATE void
  PROJECTION
    #"init=epsg:4326"
    #"+proj=longlat +ellps=WGS84 +datum=WGS84 +no_defs  no_defs"
  END
  METADATA
    "DESCRIPTION" "Municipios"
    "RESULT_FIELDS" "NM_MUNICIP"
    "RESULT_HEADERS" "nome municipio"
   #"ows_title"      "municipios"
  END  # Metadata
  CLASS

    Name 'municipios'
    STYLE
        WIDTH 0.2
        #COLOR  207 207 207
        COLOR 255 237 199
        OUTLINECOLOR  217 1960 150
    END
    #Name 'municipios'
    #SYMBOL 'square'
    #SIZE 9
    #COLOR 200 254 199
# Start of Layer Pedágios.shp
#
LAYER
  NAME "pedagio"
  TYPE point
  DATA "Export_Output_PEDAGIO_ultima_versao"
  TRANSPARENCY 100
  TEMPLATE void
  PROJECTION
    #"init=epsg:4326"
    #"+proj=longlat +ellps=WGS84 +datum=WGS84 +no_defs  no_defs"
  END
  METADATA
    "DESCRIPTION" "Pedagios"
    "RESULT_FIELDS" "km, Municipi_1, Sentido_1, Valor, Inicio_1, Concessi_1"
    "RESULT_HEADERS" "km, Municipio, Sentido, Valor, Inicio, Concessionaria"
   #"ows_title"      "pedagio"
  END  # Metadata
  CLASS
    Name 'pedagio'
    STYLE
        WIDTH 1
        SYMBOL 'circle'
        SIZE 6
        #COLOR 0 100 0
        OUTLINECOLOR 0 255 0
    END
  END  # Class
END  # Layer
```

APÊNDICE C – Galeria de fotos WebSIG/SV

ANEXO A – Tabela "ESTATÍSTICA DE TRÁFEGO – Volume Diário Médio de Tráfego (VDM)"

17/06/13 VDM - CONCEDIDAS

Secretaria de Logística e Transportes
Departamento de Estradas de Rodagem

ESTATÍSTICA DE TRÁFEGO
VOLUME DIÁRIO MÉDIO DE TRÁFEGO (VDM)

Posto de coleta							VDM 2009			VDM 2010			VDM 2011		
Posto	Concessionária	Rodovia	Denominação	Km	Praça de Pedágio	Sentido	Passeio	Comercial	Total	Passeio	Comercial	Total	Passeio	Comercial	Total
798	Viaoeste	SP 270	Rodovia Raposo Tavares	46,50	São Roque (sensor km 45,25)	Leste	2.226	351	2.577	14.246*	1.530*	15.776*	16.175	1.640	17.815
798	Viaoeste	SP 270	Rodovia Raposo Tavares	46,50	São Roque (pedágio)	Oeste	3.138	434	3.572	3.509	456	3.965	3.532	446	3.978
187	Viaoeste	SP 270	Rodovia Raposo Tavares	79,00	Alumínio (pedágio)	Leste	2.893	622	3.515	2.958	650	3.608	3.099	638	3.737
187	Viaoeste	SP 270	Rodovia Raposo Tavares	79,00	Alumínio (sensor km 78,2)	Oeste	2.746	625	3.371	7.888*	1.367	9.255	5.284	913	6.197
808	Viaoeste	SP 270	Rodovia Raposo Tavares	111,50	Araçoiaba	Leste	6.574	1.629	8.203	7.050	1.980	9.030	7.404	2.122	9.526
808	Viaoeste	SP 270	Rodovia Raposo Tavares	111,50	Araçoiaba	Oeste	6.484	1.825	8.309	6.981	2.090	9.071	7.334	2.215	9.549
188	SPVias	SP 270	Rodovia Raposo Tavares	135,30	Alambari (pedágio)	Leste	2.427	1.264	3.691	2.627	1.601	4.228	2.655	1.685	4.340
188	SPVias	SP 270	Rodovia Raposo Tavares	135,30	Alambari (sensor km 144,46)	Oeste	3.032	1.375	4.407	3.169	1.625*	4.794	3.467	1.633	5.100
195	CART	SP 270	SP 270 - Rodovia Raposo Tavares	418,00	Palmital	Leste				2.424	1.890	4.314	2.463	1.992	4.455
197	CART	SP 270	SP 270 - Rodovia Raposo Tavares	454,00	Assis	Leste				1.358	674	2.032	1.389	700	2.089
197	CART	SP 270	SP 270 - Rodovia Raposo Tavares	454,00	Assis	Oeste				1.360	707	2.067	1.399	708	2.107
198	CART	SP 270	SP 270 - Rodovia Raposo Tavares	504,00	Rancharia	Leste				976	548	1.524	1.064	590	1.654
198	CART	SP 270	SP 270 - Rodovia Raposo Tavares	504,00	Rancharia	Oeste				1.005	570	1.575	1.071	599	1.670
199	CART	SP 270	SP 270 - Rodovia Raposo Tavares	540,00	Regente Feijó	Leste				1.039	578	1.617	1.079	580	1.659
199	CART	SP 270	SP 270 - Rodovia Raposo Tavares	540,00	Regente Feijó	Oeste				1.061	602	1.663	1.090	587	1.677
419	CART	SP 270	SP 270 - Rodovia Raposo Tavares	590,00	Presidente Bernardes	Leste				2.867	1.228	4.095	3.095	1.394	4.489
419	CART	SP 270	SP 270 - Rodovia Raposo Tavares	590,00	Presidente Bernardes	Oeste				2.869	1.197	4.066	3.120	1.327	4.447
202	CART	SP 270	SP 270 - Rodovia Raposo Tavares	639,00	Caiuá	Leste				1.468	968	2.436	1.607	1.132	2.739
202	CART	SP 270	SP 270 - Rodovia Raposo Tavares	639,00	Caiuá	Oeste				1.538	973	2.511	1.661	1.084	2.745

Nota: *Fonte ARTESP*

** Dados do ano 2010 alterados pela ARTESP*

200.144.30.103/vdm/SFCG_Concessionaria.asp?CodRodovia=SP 270&imprimir=1